

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

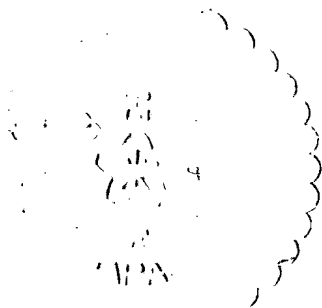
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 3 月 2 7 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 0 8 6 9 1 0
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 0 8 6 9 1 0]

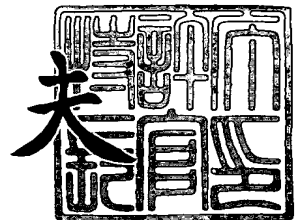
出 願 人 株式会社日立製作所
Applicant(s):



2 0 0 3 年 1 1 月 2 6 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 K03002321A

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G11B 5/39

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県小田原市国府津 2 8 8 0 番地 株式会社日立製作所 ストレージ事業部内

【氏名】 西岡 浩一

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県小田原市国府津 2 8 8 0 番地 株式会社日立製作所 ストレージ事業部内

【氏名】 重松 恵嗣

【特許出願人】

【識別番号】 000005108

【氏名又は名称】 株式会社日立製作所

【代理人】

【識別番号】 100075096

【弁理士】

【氏名又は名称】 作田 康夫

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013088

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書**【発明の名称】 磁気抵抗効果型ヘッド、及びその製造方法****【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

固定層と、自由層と、前記固定層と前記自由層の間に形成される非磁性スペーサ層とを備えた磁気抵抗効果型ヘッドであって、

前記固定層は、反強磁性結合膜を介して互いに反強磁性結合された第 1 の強磁性膜と第 2 の強磁性膜を有し、

前記第 1 の強磁性膜の保磁力が 200 (Oe) 以上であり、前記第 2 の強磁性膜の保磁力が 20 (Oe) 以下であることを特徴とする磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項 2】

固定層と、自由層と、前記固定層と前記自由層の間に形成される非磁性スペーサ層とを備えた磁気抵抗効果型ヘッドであって、

前記固定層は、反強磁性結合膜を介して互いに反強磁性結合された第 1 の強磁性膜と第 2 の強磁性膜を有し、

前記第 1 の強磁性膜の組成は、

$$\text{Co}_{100-X}\text{Fe}_X \text{ (原子\%)} \quad 40 \leq X \leq 80$$

の範囲のいずれかであり、前記第 2 の強磁性膜の組成は、

$$\text{Co}_{100-Y}\text{Fe}_Y \text{ (原子\%)} \quad 0 \leq Y \leq 20$$

の範囲のいずれかであることを特徴とする磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 に記載の磁気抵抗効果型ヘッドにおいて、

前記反強磁性結合膜が Ru であり、その膜厚が 3.0 から 4.0 オングストロームの範囲にあることを特徴とする磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項 4】

請求項 1 又は 2 に記載の磁気抵抗効果型ヘッドにおいて、

第 2 の強磁性膜の磁気モーメント量と等しい磁気モーメントを有する場合の第 1 の強磁性膜の仮想膜厚 DA_0 と、第 1 の強磁性膜の膜厚 DA との関係が、

$$0.0227 \leq (DA - DA_0) / DA_0 \leq 0.136$$

を満たすことを特徴とする磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項 5】

請求項 4 に記載の磁気抵抗効果型ヘッドにおいて、
前記第 1 の強磁性膜の磁気モーメントが前記第 2 の強磁性膜の磁気モーメントよりも大きいことを特徴とする磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項 6】

前記請求項 1 又は 2 において前記第 1 の強磁性膜と接触する層が R u、T a、C u、N i F e C r、のうちのいずれかであることを特徴とする磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項 7】

請求項 1 乃至 6 記載のいずれかに記載の磁気抵抗効果型ヘッドにおいて、
前記自由層が基板側にあり前記固定層が該自由層より基板から離れた側にある構成であり、前記自由層と隣接する下地層を有し、前記下地層は基板側に N i F e C r 膜を有することを特徴とする請求項 1 乃至 6 記載の磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項 8】

請求項 1 乃至 6 記載のいずれかに記載の磁気抵抗効果型ヘッドにおいて、
前記固定層が基板側にあり前記自由層が該固定層より基板から離れた側にある構成であり、前記第 1 の強磁性膜の基板側で隣接する下地膜が、基板側から N i F e C r と R u の積層、または N i F e C r と R u と N i F e の積層、または N i F e C r と R u と N i F e と C u の積層であることを特徴とする磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項 9】

請求項 1 乃至 6 記載のいずれかに記載の磁気抵抗効果型ヘッドにおいて、
前記固定層が基板側にあり前記自由層が該固定層より基板から離れた側にある構成であり、前記第 1 の強磁性膜の基板側で隣接する下地膜が、基板側から N i F e C r と N i F e と P t M n と R u の積層、または N i F e C r と N i F e と P t M n と C u の積層であることを特徴とする磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項 1 0】

第1の固定層と、第2の固定層と、自由層と、前記第1の固定層と前記自由層の間及び前記第2の固定層と前記自由層の間に形成される各非磁性スペーサ層とを備えた磁気抵抗効果型ヘッドであって、

前記第1及び第2の固定層は、それぞれ反強磁性結合膜を介して互いに反強磁性結合された第1の強磁性膜と第2の強磁性膜を有し、

前記第1の強磁性膜の保磁力が200(0e)以上であり、前記第2の強磁性膜の保磁力が20(0e)以下であることを特徴とする磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項11】

第1の固定層と、第2の固定層と、自由層と、前記第1の固定層と前記自由層の間及び前記第2の固定層と前記自由層の間に形成される各非磁性スペーサ層とを備えた磁気抵抗効果型ヘッドであって、

前記第1及び第2の固定層は、それぞれ反強磁性結合膜を介して互いに反強磁性結合された第1の強磁性膜と第2の強磁性膜を有し、

前記第1及び第2の固定層の有するそれぞれの前記第1の強磁性膜の組成は、
 $\text{Co}_{100-X}\text{Fe}_X$ (原子%) $40 \leq X \leq 80$
 の範囲のいずれかであり、前記第2の強磁性膜の組成は、

$\text{Co}_{100-Y}\text{Fe}_Y$ (原子%) $0 \leq Y \leq 20$
 の範囲のいずれかであることを特徴とする磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項12】

請求項10又は11に記載の磁気抵抗効果型ヘッドにおいて、
 前記第1及び第2の固定層の有するそれぞれの前記反強磁性結合膜がRuであり、その膜厚が3.0から4.0オングストロームの範囲にあることを特徴とする磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項13】

請求項10又は11に記載の磁気抵抗効果型ヘッドにおいて、
 第2の強磁性膜の磁気モーメント量と等しい磁気モーメントを有する場合の第1の強磁性膜の仮想膜厚 DA_0 と、第1の強磁性膜の膜厚 DA との関係が、
 $0.0227 \leq (DA - DA_0) / DA_0 \leq 0.136$
 を満たすことを特徴とする磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項 1 4】

請求項 1 3 に記載の磁気抵抗効果型ヘッドにおいて、
前記第 1 の強磁性膜の磁気モーメントが前記第 2 の強磁性膜の磁気モーメントよりも大きいことを特徴とする磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項 1 5】

反強磁性結合膜を介して互いに反強磁性結合された第 1 の強磁性膜と第 2 の強磁性膜を有する固定層と、自由層と、その自由層の端部に設けられる永久磁石膜とを備える磁気抵抗効果型ヘッドの製造方法において、

前記固定層に着磁されている磁気モーメントの方向と異なる所望の方向に磁界を印加する第 1 の磁界印加工程と、

前記第 1 の磁界印加工程の磁界印加方向と異なる方向に磁界を印加する第 2 の磁界印加工程と、
を有することを特徴とする磁気抵抗効果型ヘッドの製造方法。

【請求項 1 6】

請求項 1 5 記載の磁気抵抗効果型ヘッドの製造方法において、

前記第 1 の強磁性膜と前記第 2 の強磁性膜が互いに反平行を向いた磁気モーメントを平行状態にする飽和磁界 H_s と、永久磁石膜の保磁力 H_c と、前記第 1 の磁界印加工程での印加磁界の大きさ H_1 と、前記第 2 の磁界印加工程での印加磁界の大きさ H_2 との間に、

$$H_1 \geq 0.4 H_s$$

$$H_c \leq H_2 \leq 0.35 H_s$$

の関係を満たすことを特徴とする磁気抵抗効果型ヘッドの製造方法。

【発明の詳細な説明】**【0 0 0 1】****【発明の属する技術分野】**

磁気抵抗（MR）効果型ヘッド、製造方法、このヘッドを用いた磁気記録再生装置、磁気抵抗（MR）センサに関する。

【0 0 0 2】**【従来の技術】**

近年の磁気記録装置の高密度化にともない、再生用のセンサには、スピナバルブ型磁気抵抗センサが用いられている。スピナバルブセンサは特許文献1に開示されている。

【0003】

スピナバルブ型磁気抵抗センサの本質的特徴は、固定層 (Pinned layer) とよばれる強磁性層と、自由層 (Free layer) とよばれる強磁性軟磁性層と、これら2層に直接隣接して挟まれた導電層と、固定層に直接接触する交換結合層が基本構成 (即ち、自由層、導電層、固定層、交換結合層という順番の多層構成) で、交換結合層には通常反強磁性材料を用いる。また、これらの層に電流を通じる電極と、バルクハウゼンノイズ (Barkhausen Noise) とよばれる自由層磁化の不均一性に起因するノイズを抑制するための縦バイアス磁界を印加するための縦バイアス層を有する。縦バイアス層には通常Co基永久磁石膜を用いる。このセンサは、通常、磁気シールドとよばれる2つの強磁性体で挟まれる微小空間 (磁気ギャップと呼ぶ) 内に設けられており、記録媒体の磁化信号を高分解能で再生する。

【0004】

固定層は、記録媒体対抗面 (磁気ヘッド浮上面) と垂直方向に、磁化が固定されており媒体磁界及び記録時にセンサ膜に加わる磁界に対してその磁化方向を変化させない。自由層磁化は、記録媒体からの磁界に応じてその向きを変え、その結果固定層磁化と自由層磁化のなす角に変化を生じることにより磁気抵抗変化を生じる。この抵抗変化を信号として再生するのがスピナバルブ型ヘッドの動作原理である。

【0005】

交換結合層は、固定層と隣接し固定層に強いバイアス磁界を与える。このバイアス磁界によって固定層の磁化が固定されることにより、記録媒体からの磁界や記録ヘッドからの磁界によってその磁化方向は変化しない。交換結合層には、通常、反強磁性材料が用いられ、センサの動作温度範囲で固定層に与える交換結合磁界が十分大きいことが必要である。この要求を満足するために白金とマンガンの1:1組成の規則合金 $PtMn$ が主に実用化されている。

【0006】

また、固定層に隣接する交換結合層を有しない構造の構成の提案を特許文献 2 及び特許文献 3 に開示されている。

【0007】

該磁気抵抗センサ膜は、媒体に記録された磁気ビットからの磁界を有効に感知するために、磁気ヘッドの媒体対抗面に露出しており、その上には A B S 保護膜を被っている。磁気ヘッドをこの構成にするため、基板上に素子を形成する工程と、素子の形成された基板から個々の素子を切り出し、スライダと呼ばれる記録媒体上に浮上させるのに適した形状に加工するスライダ加工工程に分かれる。スライダ加工工程では、機械加工によってバーとよばれる複数の素子のついた小単位のブロックに基板が切り出される。該バーは、コンピュータラップと呼ばれる研磨工程によって研磨され媒体対抗面に該磁気抵抗センサを露出する。この工程を浮上面加工工程と称する。

【0008】

また、特許文献 4 には、積層固定層の具体的構成について、種々の検討結果が開示されている。

【0009】

【特許文献 1】

米国特許 5 1 5 9 5 1 3 号

【特許文献 2】

米国特許 5 5 8 3 7 5 2 号

【特許文献 3】

特開 2 0 0 0 - 1 1 3 4 1 8 号

【特許文献 4】

特開 2 0 0 0 - 2 0 9 2 6 号

【0010】

【発明が解決しようとする課題】

100 G b / i n 2 級の高記録密度化を実現するためには該磁気抵抗センサ膜の微細化が必要であり、トラック幅 0. 1 ミクロン x センサ高さ 0. 1 ミクロン程度に微細化を試みている。ここでセンサ高さとはセンサ膜の媒体対抗面と垂直方向

の幅のことである。このような微細化の過程で大きな問題となっているのは、該センサ高さを 0.1 ミクロンの寸法にまで浮上面加工する際に、センサ膜の固定層が損傷を受けるという問題である。この固定層のダメージは、浮上面から 30 ～ 50 ナノメートルの領域で発生しており、センサ高さ 0.1 ミクロン（100 ナノメートル）の場合その 30 ～ 50 % が損傷を受けており、その結果、センサ膜の磁気抵抗変化が本来示すべき値に比べて 30 ～ 50 % となっている。従って媒体の記録情報を再生する際の再生信号が本来生じるべき値の 30 ～ 50 % と小さくなり、再生が正しく行なわれなくなる。

【 0 0 1 1 】

将来さらに記録密度が大きくなるとセンサ高さはさらに微細化し、問題は一層深刻となる。センサ高さが 50 ナノメートル以下になるとセンサ膜の全域が損傷を受けることとなり、センサ膜の抵抗変化がほとんど得られなくなるということであり、従ってこの問題は将来の高密度記録化に対して大きな障害となる。

【 0 0 1 2 】

浮上面加工時の固定層損傷の原因は、浮上面加工工程での研磨によりスライダ材であるセラミックを削る際に摩擦により局所的にセンサ膜の温度を上昇させることと、スライダ材が削れる際にセンサ膜にスパイク上の大きな電流が生じ、該電流により大きな磁界がセンサ膜に加わるためと考えられる。

【 0 0 1 3 】

PtMn を交換結合層に用いたスピバルブセンサ膜を有するヘッドの場合該固定層の損傷は、強磁界中で 200℃ 以上に加熱すれば回復することから、膜の原子拡散等による構造的損傷ではなく磁氣的構造の損傷であることが分かっている。しかしながら、高温にさらすと記録ヘッドのポールが浮上面に飛び出す等、別の副作用が生じるためにこの手法を用いることはできない。したがって、さらなる高記録密度化の実現が難しい状況である。

【 0 0 1 4 】

一方、従来の交換結合層のない型のスピバルブ型ヘッド（特許文献 2 及び特許文献 3 に開示される。）においても、浮上面加工時に固定層の磁気モーメントが反転するということが生じている。このヘッドタイプの場合、上述の PtMn を交

換結合層に用いたヘッドのように再生出力の極端な減少は生じないが、同じ方向に磁化した磁気ビットを再生した場合、ヘッドによっての信号出力が正負の符号が異なるという問題が生じている。したがって浮上面加工時磁気反転した固定層の磁気モーメントを元の方向に戻す手段が必要であることが明らかとなった。しかしながら、前述の公知例においては反転した磁気モーメントを元に戻すための具体的な構成手段が開示されていない。また、特許文献4では「交換結合層を有する積層固定層を具備するスピナバルブ型ヘッド」について種々の検討がされているものの、固定層の磁氣的構造の損傷を室温にて回復させる具体的方法、及びその回復に適した具体的なヘッド構成については開示されていない。

【0015】

本発明は、固定層の磁化方向を、室温における磁界印加処理によって制御可能とする磁気抵抗センサ膜の構造及び磁界印加方法を提供することにある。これにより、例えば、浮上面加工時に生じた固定層の損傷領域を、ヘッドを加熱することなく室温の状態で適正な磁界を印加することにより回復させることができる。

【問題を解決するための手段】

前記課題を解決するために、本発明は主として次のような構成を採用する。

【0016】

基板上に形成され、互いに反強磁性結合された2つの強磁性膜A及び強磁性膜Bと、前記2つの強磁性膜A及びBを膜面で分離し強磁性膜A及びBの磁気モーメントを反平行に結合させる反強磁性結合膜とを有する積層型固定層と、前記積層型固定層の強磁性膜Bに膜面で隣接して形成された非磁性スペーサ層と、前記非磁性スペーサ層に膜面で隣接して形成された軟磁気特性を有する強磁性層と、前記積層型固定層と前記非磁性スペーサ層と前記強磁性層とから構成される一定形状に加工されたスピナバルブ膜に、膜断面で隣接するように形成された下地膜を有する永久磁石膜と、前記永久磁石膜に膜面で隣接する電極膜と、を備えたスピナバルブ効果に基づく磁気抵抗効果型ヘッドであって、前記強磁性膜Aと前記強磁性膜Bの保磁力に所定の差を設ける。

【0017】

前記強磁性膜A単独膜の保磁力を2000e以上とし、前記強磁性膜B単独の

保磁力を 20 (Oe)以下とするのが望ましい。

【0018】

また、強磁性膜A単独膜と強磁性膜B単独膜の保磁力を上述のような範囲にするには、

・強磁性膜Aの組成: $\text{Co}_{100-Y}\text{Fe}_Y$ (原子%) $80 \geq Y \geq 40$

・強磁性膜Bの組成: $\text{Co}_{100-Y}\text{Fe}_Y$ (原子%) $20 \geq Y \geq 0$

の式を満たすような組成範囲とする。

【0019】

また、強磁性膜Aの保磁力をさらに大きくするには、強磁性膜Aと直接接触する層がRu、Ta、Cu、NiFeCr、うちのいずれかとするのが望ましい。

【0020】

また、強磁性膜Aと強磁性膜Bを反平行に結合する結合力を十分大きくし固定層実使用時の媒体磁界や記録磁界に対して十分安定にするために、反強磁性結合膜をRuとしその膜厚を3.0～4.0オングストローム(Å)とするのが望ましい。

【0021】

また、強磁性膜Aの磁気モーメントを強磁性膜Bの磁気モーメントよりも大きくする。これにより、浮上面加工時に受けた固定層の損傷を適正な磁界印加により回復することができる。

【0022】

固定層の損傷を回復するための適正な磁界印加には、つぎの2段階の磁界印加を行なう。磁気ヘッド浮上面と垂直方向で強磁性膜Aの磁気モーメントの所望方向に磁界を印加する第1の磁界印加工程と、浮上面と平行方向のヘッドトラック幅方向に磁界を印加する第2の磁界印加工程である。

【0023】

強磁性膜Aと強磁性膜Bのお互いに反平行を向く磁気モーメントの飽和磁界を H_s とし、前記第1の磁界印加工程での印加磁界の大きさを H_1 、前記第2の磁界印加工程での印加磁界の大きさを H_2 とすると、 H_1 及び H_2 を次の式を満足するように設定する。

$H_1 \geq 0.4 H_s$ であり

$H_c \leq H_2 \leq 0.35 H_s$

【0024】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施形態を図面を用いて詳細に説明する。

【0025】

(実施の形態1)

本実施の形態は、外部磁界を検出するために広く適用できるものであるが（例えば、センサとして）、情報記録及び取り出しシステムのための読み出しヘッドとして特に有用なものであり、ここでは、情報は磁性媒体上の磁区の配列として記録されることとなっている。磁性媒体としては、どのような種類のものでもよく、例えば、磁気テープ、磁気ドラム、一つまたは複数のハードディスク等がある。磁区は、通常、トラックに添って配置され、トラックの構成としては、円環状、渦巻き状、らせん状、もしくは不定長のものがある。

【0026】

代表的な情報記録および取り出し装置の一例を図13に示す。電子計算機1は、ネットワーク、キーボード、スキャナー、もしくはこれら相当のものとの間に一つもしくは複数のインターフェースをもつ入力装置2を介して入力情報を受け取る。計算機1は、一つもしくは複数の入力装置2への接続に加え、一つもしくは複数の出力装置3に出力することが可能である。この出力装置3としては、計算機とインターフェースを介して接続する、ネットワーク、プリンタ、表示装置、あるいはモデム等が考えられる。計算機1に関連する他の記録装置に加え、計算機は周辺機器である磁気記録装置4へ情報を書き込んだり、磁気記録装置から情報を読み込んだりする。磁気記録装置は次の内部装置を含んでいる。

(1) 制御装置5：情報信号を書き込みヘッド7に出力し、読み出しヘッド8から情報を入力し、更に、ヘッドからのフィードバック信号を受け取るためのデータの入出力部6を含む。

(2) ヘッド位置制御部9：ヘッド位置制御信号を出力し、また、ヘッド位置検出信号を入力する。

(3) モータ制御部 10: 磁性媒体のヘッドに対する相対的な運動に関する、速度、停止、開始等の操作を制御し、本実施形態の場合、一つあるいは複数のディスク型の磁性媒体 13 をシャフト 12 によって回転させるモータ 11 に、回転制御信号を出力する。磁気ヘッドを構成する書き込みヘッド 7 と読み出しヘッド 8 とを有するトランスデューサーは、ディスク 13 とかすかに接触するか、わずかの間隙を保ってその上を浮上するように、連結アーム 14 とボイスコイルモータ (VCM) 15 を用いて、通常、ディスクの半径方向に動く。

【0027】

上記のように、図 13 に示したデータ記録装置は、あくまでも代表的なものである。図 13 に示した装置の操作は自明であるため、ここでその詳細については説明しない。本実施の形態は、図 13 の読み出しヘッド 8 の構成に特徴を有するものである。図 14 に読み出しヘッド 8 の具体的構造を示す。図 13 と図 14 によると、磁性媒体 13 の一部分が、Z 軸に沿って相対的に動く読み出しヘッド 8 に対して、相対的な記録媒体の運動方向 14 を有することを示している。VCM 15 は目標の磁区のトラックにアクセスするために、X 軸に沿って読み出しヘッド 8 を移動させる一方、磁区のトラックは、通常、読み出しヘッド 8 に隣接した Z 軸に沿って動く。磁性媒体 13 は、Z 軸方向のトラックに沿って複数の磁区を有し、その磁界 h は、VCM 15 が Z 軸に沿って相対的に動くことによって、読み出しヘッドの Y 軸に沿って変化する。また、この磁界の変動が読み出される。

【0028】

書き込みヘッド 7 と読み出しヘッド 8 は複数の層から構成され、その構成の一部が図 14 に示されているが、結合層、パッシベーション層などの従来からあるいくつかの層は図示されていない。製造工程では、まず、基板 16 を用意し、次にシールド 17 をその上に堆積させた後、さらにその上に読み出しセンサ 18 を成長させ、最後に、読み出し電流入力用電極 19 を読み出し電流出力用電極 20 をその上に堆積させ、一体として読み出しヘッドを形成する。

【0029】

さらに、上部シールドあるいは下部コア 21 (下部コアが上部磁気シールドを兼用している) を堆積させ、つぎに、コイル 22 を堆積させ、その上に上部磁気

コア 24 を形成する。例えば、アルミナからなる誘電層 23 を、センサ膜 18 と下部シールド 17 の間及びセンサ膜 18 と上部シールドの間に形成することが、より好ましい。読み出しセンサ膜であるスピバルブ膜 18 の両脇には縦バイアス磁界を与える永久磁石膜 31 及び 32 が配置される。

【0030】

基板 16 は、セラミックスまたはセラミックス上に誘電体の膜を堆積したものをを用いることができる。上部及び下部磁気シールド 21 及び 17 には、パーマロイやセンダストや軟磁性を示す Co 基非晶質材料または、軟磁性を示す微結晶系の強磁性材料等を用いることができる。

【0031】

本実施の形態にて採用した図 14 に示した構造は、一般的に、既知のものとなっており、本発明の実施形態は、読み出しセンサ 18 の構成とその製造方法に関するものである。ここで、読み出しヘッドは磁性媒体との情報の授受を行うに適した構成であり、読み出しセンサは磁性媒体からの情報に限らず、外部の磁界を検知するに適した構成である。

【0032】

図 9 に、本発明の実施形態に係る読み出しセンサの具体的構成を示し、その詳細は後述するが、図 9 の構成を参照して説明すると、スピバルブ膜 18 は、磁界に対して比較的応答し易い第 1 の強磁性層（以下、自由層と呼び、例えば Co-Fe 膜 74 及びパーマロイ膜 75 に相当する）と、磁界に対して比較的応答し難い第 2 の強磁性層（以下、固定層と呼び、積層固定層 80 に相当する）と、これらの間に導電性の非磁性スペーサ層（例えば、Cu 膜 73 に相当する）を有する。また、自由層の下には結晶形態を調整し抵抗変化を大きくするための下地層（例えば、NiFeCr/Ru の 2 層構成の下地層 72 に相当する。）を有する。さらに固定層 80 の上にはキャップ層（例えば、Ru/Ta の 2 層構成キャップ 76 に相当する。）を有する。

【0033】

本実施の形態では、固定層 80 に、2 つの強磁性膜（例えば、強磁性膜 A（84）、強磁性膜 B（82）に相当する。）とこれらの強磁性膜（82 と 84）の

間に反強磁性結合膜（例えば、Ru膜83に相当する）とを用いた積層固定層80が、磁気記録装置に用いるためのスピバルブ型再生ヘッドとして機能する構成を与える。ここで本構成は固定層に隣接する交換結合層をもたない。

【0034】

積層固定層80の磁化の外部磁界に対する安定性を確保することと、その磁化方向を制御することが重要である。これらを実現するための構成と方法について述べる。外部磁界に対する安定性について特許文献3においては異方性磁界を大きくすることが述べられているが、本実施の形態では、安定性を向上させるために積層固定層を構成する強磁性膜Aの保磁力を大きくすることで安定性を確保することとした。保磁力は、外部から磁界が加わった時に磁性体の磁化が反転する強さを表す指数であり、保磁力が大きいほど外部磁界に対する安定性が向上する。強磁性膜Aまたは強磁性膜Bを大きな保磁力とするためにCoFe合金のFe組成依存性を調べた。図9のスピバルブ構成では、強磁性膜AまたはBの単独の保磁力を測定することが難しいので、次のような構成の膜を作成しCoFe合金膜の保磁力のFe組成依存性を調べた。ガラス基板をその表面をArプラズマに曝してクリーニングした後、スピバルブ膜（CoFe膜測定用のスピバルブ膜）を下記の順序で作成した。

ガラス基板/(CL)/

下地膜: NiFeCr32 Å/NiFe8 Å/

交換結合層: PtMn140 Å/

強磁性膜A: CoFe18 Å/

反強磁性結合膜: Ru5 Å/

強磁性膜B: CoFe25 Å/

非磁性スペーサ膜: Cu25 Å/

自由層（測定対象膜）: Co-X原子%Fe20 Å/

キャップ/

上記スピバルブ膜において、数種類のキャップを用いCoFe合金膜の保磁力のFe組成依存性を調べた。ここで、CLはクリーニングを意味する。用いたキャップは、①Cu10 Å/Ta20 Å、②Ta20 Å、③NiFeCr30 Å

、④Cu10/NiFeCr30Å、⑤Ru10Å/Ta20Å、⑥Ru10Å/NiFeCr30Å、⑦PtMn30Å/Ta20Åの7種類である。

【0035】

図1に保磁力のFe組成依存性の結果を示す。いずれのキャップを用いた場合も、保磁力はFe組成増加とともに増加していく。Ru/Taキャップ及びRu/NiFeCrキャップの場合、保磁力はFe組成50原子%で最大値300(0e)をとり、さらにFe組成が増加すると保磁力は低下する。Taキャップ、NiFeCrキャップ、Cu/NiFeCrキャップ及びPtMn/Taキャップの場合Fe50原子%での保磁力は200(0e)である。図1の結果から、測定対象膜(Co-X原子%Fe)のFe組成Xが40at%~80at%の範囲の場合に、キャップの種類によらず150(0e)以上の高い保磁力を持ち、またキャップの種類によっては200(0e)以上の高い保磁力を有するCoFe膜を実現することができる。また、測定対象膜(Co-X原子%Fe)のFe組成Xが0at%~20at%の範囲の場合に、キャップの種類にかかわらず30(0e)以下の低い保磁力を有し、またキャップの種類によっては20(0e)以下の低い保磁力を有するCoFe膜を形成することができる。尚、本構成はPtMn反強磁性材料の交換結合層を有しており、調査すべきCoFe合金膜を自由層に用いているが、これは、自由層に用いることにより該CoFe合金膜単独の保磁力を調査することができるために、このような構成を用いている。

【0036】

次に、本実施の形態では、保磁力が大きい組成として“Co50原子%Fe”の組成を選択し、保磁力が小さい組成として“Co10原子%Fe”の組成を選択し、これらの組成の組み合わせで強磁性膜A及び強磁性膜Bを構成した次の3種類のスピバルブ膜を作成し、強磁性膜Aの膜厚を20~30Åの間を1Å刻みで変化させ、外部磁界に対する安定性及び、抵抗変化を調べた。

【0037】

① 組み合わせ1

強磁性膜A及び強磁性膜BともにCo50原子%Feしたスピバルブ膜：
ガラス基板/CL/

下地層: $\text{NiFeCr } 42 \text{ \AA} / \text{Ru } 4.5 \text{ \AA} /$

自由層: $\text{NiFe } 20 \text{ \AA} / \text{CoFe } 10 \text{ \AA} /$

非磁性スペーサ膜: $\text{Cu } 20 \text{ \AA} /$

強磁性膜B: $\text{Co } 50 \text{ 原子\% Fe } 25 \text{ \AA} /$

反強磁性結合膜: $\text{Ru } 3.5 \text{ \AA} /$

強磁性膜A: $\text{Co } 50 \text{ 原子\% Fe } X \text{ \AA} \text{ (} X = 20 \sim 30 \text{) } /$

キャップ: $\text{Ta } 20 \text{ \AA}$

② 組み合わせ2

強磁性膜Aを $\text{Co } 50 \text{ 原子\% Fe}$ とし、強磁性膜Bを $\text{Co } 10 \text{ 原子\% Fe}$ としたスピバルブ膜:

ガラス基板/CL/

下地層: $\text{NiFeCr } 42 \text{ \AA} / \text{Ru } 4.5 \text{ \AA} /$

自由層: $\text{NiFe } 20 \text{ \AA} / \text{CoFe } 10 \text{ \AA} /$

非磁性スペーサ膜: $\text{Cu } 20 \text{ \AA} /$

強磁性膜B: $\text{Co } 10 \text{ 原子\% Fe } 25 \text{ \AA} /$

反強磁性結合膜: $\text{Ru } 3.5 \text{ \AA} /$

強磁性膜A: $\text{Co } 50 \text{ 原子\% Fe } X \text{ \AA} \text{ (} X = 20 \sim 30 \text{) } /$

キャップ: $\text{Ta } 20 \text{ \AA}$

③ 組み合わせ3

強磁性膜A及び強磁性膜Bとともに $\text{Co } 10 \text{ 原子\% Fe}$ としたスピバルブ膜:

ガラス基板/CL/

下地層: $\text{NiFeCr } 42 \text{ \AA} / \text{Ru } 4.5 \text{ \AA} /$

自由層: $\text{NiFe } 20 \text{ \AA} / \text{CoFe } 10 \text{ \AA} /$

非磁性スペーサ膜: $\text{Cu } 20 \text{ \AA} /$

強磁性膜B: $\text{Co } 10 \text{ 原子\% Fe } 25 \text{ \AA} /$

反強磁性結合膜: $\text{Ru } 3.5 \text{ \AA} /$

強磁性膜A: $\text{Co } 10 \text{ 原子\% Fe } X \text{ \AA} \text{ (} X = 20 \sim 30 \text{) } /$

キャップ: $\text{Ta } 20 \text{ \AA}$

このときのCo10原子%Feの保磁力は10 (Oe)程度であり、Co50原子%Feの保磁力は前記の調査結果のTaと隣接する場合に相当するので200 (Oe)である。強磁性膜A、反強磁性結合膜(Ru)及び強磁性膜Bを成膜中には、デプス方向(浮上面となる方向と垂直方向)に一定磁界(例えば大きさ70 (Oe))を印加した。

【0038】

図2 (a)に強磁性膜A及び強磁性膜BともにCo50原子%Feとしたスピバルブ膜①(組み合わせ1)の2000 (Oe)のトランスファーカーブの例を示す。強磁性膜Aの膜厚が28 Åのとき外部磁界に対して最も安定な構造となっており、このとき強磁性膜Aと強磁性膜Bの磁気モーメントの大きさが等しくなっている。図中には強磁性膜Aの膜厚を28 Åを中心に±1 Åの場合のスピバルブ膜のトランスファーカーブも示しているがこの範囲(28 ± 1 Å)でも2000 (Oe)の測定磁界でもヒステリシスは生じておらず、2000 (Oe)の外部磁界に対して安定である。抵抗変化は1.7 ~ 1.9 Ω/□であり、次に示すスピバルブ膜②(組み合わせ2)の構成に比べると低い値になる。

【0039】

図2 (b)に強磁性膜AをCo50原子%Feとし、強磁性膜BをCo10原子%Feとしたスピバルブ膜②のトランスファーカーブの例を示す。強磁性膜Aの膜厚が24 Åの場合に外部磁界に対して最も安定となっており強磁性膜Aと強磁性膜Bの磁気モーメントの大きさが等しくなっている。図中には強磁性膜Aの膜厚を24 Åを中心に±1 Åの場合のスピバルブ膜のトランスファーカーブも示しているがこの範囲で、1000 (Oe)の測定磁界でもヒステリシスは生じておらず、1000 (Oe)の外部磁界に対して安定である。測定磁界が2000

(Oe)でも、強磁性膜Aが24 Åの場合はヒステリシスは生じておらず安定性の良い特性を示しているが、23 Åと25 Åではヒステリシスを生じており、固定層が非可逆変化しており、①の構成に比べて外部磁界に対する耐性が低下している。この理由は、②の強磁性膜Bの保磁力は10 (Oe)程度であり、①の強磁性膜Bの保磁力200 (Oe)に比べて小さいためである。②の構成の抵抗変化は2.3 ~ 2.5 Ω/□であり①の構成に比べて抵抗変化の値は向上している。

【0040】

図2(c)には③強磁性膜A及び強磁性膜BともにCo10原子%Feとしたスピバルブ膜③(組み合わせ3)の測定磁界1000(0e)のトランスファーカーブを示す。強磁性膜Aの膜厚を20~30Åの範囲で1Åの刻みで変化させたが、いずれのループも大きなヒステリシスを生じる結果となり(図中は代表例を示す。)この構成の固定層は500(0e)の磁界にも耐えられない不安定なものである。特許文献3にも述べているが、媒体からの磁界を考慮すると1000(0e)以上の磁界耐性があれば良いので、①の構成と②の構成が固定層の外部磁界耐性は十分な大きさである。また、抵抗変化が大きいという観点からは、強磁性AにCo50原子%Feを用い強磁性膜BにFe10原子%程度のFe組成が少ない組成を用いたスピバルブ膜②(組み合わせ2)の構成が適している。

【0041】

そこで、強磁性膜BをCo10原子%Feとし、強磁性膜AのFe組成を変化させて構成される下記のようなスピバルブ膜(a)を作成し、Yを変化させることで強磁性膜Aの保磁力を変化させた。

スピバルブ膜(a):

ガラス基板/CL/

下地層: NiFeCr42Å/Ru4.5Å/

自由層: NiFe20Å/CoFe10Å/

非磁性スペーサ膜: Cu20Å/

強磁性膜B: Co10原子%Fe25Å/

反強磁性結合膜: Ru3.5Å/

強磁性膜A: CoY原子%Fe24Å(Y=10~90)/

キャップ: Ta20Å/

上記のスピバルブ膜のY=10~90の範囲において、1000(0e)以上の外部磁界に対して安定なものを調べた。その結果、強磁性膜Aの保磁力が200(0e)以上のとき1000(0e)の外部磁界に対して安定な固定層を有するスピバルブ膜が再現性良く実現できることがわかった。ここで「再現性良く」の意味は、積層固定層を構成する膜の厚さが成膜を何回も行うとばらつくのであるが、こ

のばらつきが生じても十分再現良く 1000 (Oe) 以上の磁界耐性が得られるということである。図 1 から保磁力が 200 (Oe) 以上の値となる強磁性膜 A (CoFe) の Fe 組成範囲は、40～80 原子%である。

【0042】

ここで、図 19、図 20 に、他のスピバルブ膜 (b)、スピバルブ膜 (c) について、 $Y=10\sim90$ の範囲で測定磁界 1000 (Oe) を外部から印加した場合のトランスファーカーブのグラフを示す。スピバルブ膜 (b) 及び (c) の構成は下記の通りである。

スピバルブ膜 (b) :

ガラス基板/

下地層: NiFeCr 42 Å / Ru 4.5 Å /

自由層: NiFe 5 Å / CoFe 15 Å /

非磁性スペーサ膜: Cu 19 Å /

強磁性膜 B: Co 10% Fe 25 Å /

反強磁性結合膜: Ru 3.5 Å /

強磁性膜 A: Co-X% Fe Y Å /

キャップ: Ru 5 Å / Ta /

上記スピバルブ膜 (b) において、X を 30～90 の範囲で、Y を 21～24 の範囲で変化させた場合の、外部磁界 1000 (Oe) に対する抵抗変化曲線を図 19 に示す。Fe 組成が 40～80 % の範囲では、強磁性膜 A の膜厚 $X=22\text{ Å}$ の膜厚付近で、ヒステリシスのない曲線が得られるが、Fe 組成が 30% と 90% では、Y をどのように変化させてもヒステリシスのない曲線は得られず、1000 (Oe) の磁界に対して不安定である。したがって、Fe 組成を 40～80 % とすることで、1000 (Oe) 以上の磁界耐性を得ることができ、この Fe 組成範囲での保磁力 (Hc) は図 1 から 200 (Oe) 以上である。

スピバルブ膜 (c) :

ガラス基板/

下地層: NiFeCr 42 Å / Ru 4.5 Å /

自由層: NiFe 5 Å / CoFe 15 Å /

非磁性スペーサ膜: Cu 19 Å/

強磁性膜 B: Co 10% Fe 20 Å/

反強磁性結合膜: Ru 3.5 Å/

強磁性膜 A: Co - X% Fe Y Å/

キャップ: Ru 5 Å/Ta/

上記スピバルブ膜 (c) において、同様に X を 30 ~ 90 の範囲、Y を 21 ~ 24 の範囲で変化させた場合の、外部磁界 1000 (Oe) に対する抵抗変化曲線を図 20 に示す。強磁性膜 B (Co 10% Fe) の膜厚を “25 Å” → “20 Å” としている点が、スピバルブ膜 (b) と異なる点である。図 19 の結果と同様に Fe 組成範囲は 40 ~ 80 % が適正であることがわかる。この場合、ヒステリシスのない波形が強磁性膜 A の膜厚 17 Å 付近に現れることがわかり、強磁性膜 A の Fe 組成を 40 ~ 80 % とすることで、1000 (Oe) 以上の磁界耐性を得ることができる。本実施の形態から、積層固定層 80 の強磁性膜 B の膜厚は 20 Å ~ 25 Å の範囲で有効であるが、同様な実験の結果から (図示せず)、強磁性膜 B の膜厚が 15 Å ~ 35 Å の範囲においても、強磁性膜 A の Fe 組成を 40 ~ 80 % とすることでヒステリシスのない磁界耐性を得ることができた。

【0043】

また、強磁性膜 B の Co Fe の Fe 組成と抵抗変化の関係を調べるために、強磁性膜 B の Fe 組成を変化させたスピバルブ膜 (d) を作成して調べたところ、Fe 組成が 20 原子% を越えると抵抗変化が急激に低下することがわかった。その結果を図 15 に示す。

スピバルブ膜 (d) :

ガラス基板/

下地層: Ni Fe Cr 42 Å/Ru 4.5 Å/Ni Fe 5 Å/

自由層: Ni Fe 5 Å/Co Fe 15 Å/

非磁性スペーサ膜: Cu 19 Å/

強磁性膜 B: Co - X% Fe 25 Å/

反強磁性結合膜: Ru 3.5 Å/

強磁性膜 A: Co - 50% Fe 24 Å/

キャップ: Ta 20 Å/

図 15 に示すような結果になった理由としては、Fe 組成が 20 原子%以下では、強磁性膜 B の結晶が面心立方構造であるのに対し、20 原子%を越えると体心立方構造との混在した状態になり隣接する面心立方構造の導電層 (Cu) との整合性が低下するためと考えられる。よって、強磁性膜 B の Fe 組成は、20 原子%以下 (0 原子%以上) の範囲にするとよい。また、図 1 からわかるように、Fe 組成が 20 原子%以下では強磁性膜 B の保磁力は 20 (Oe) 以下であり Co 50 原子% Fe 組成の強磁性膜 A の保磁力 (200 (Oe) 以上) に比べて保磁力が十分小さいため、後述するように固定層 80 の磁化の方向を制御できるという利点がある。

【0044】

積層固定層 80 は、強磁性層 A と強磁性層 B とこれらの間に挟まれた反強磁性結合膜とからなり、反強磁性結合膜は強磁性膜 A と強磁性膜 B を反平行に結合させるはたらきを有する。強磁性膜 A と強磁性膜 B を反平行に結合する相互作用の強さを表すパラメータの一つとして反強磁性結合飽和磁界 (以下、 H_s と記す。) が存在する。これは、積層固定層 80 に互いに反平行を向いた強磁性膜 A と強磁性膜 B の磁化を、外部磁界によって平行方向に磁気飽和させる (言いかえると完全に平行の状態にする) のに必要な磁界の大きさのことである。積層固定層 80 の外部磁界に対する耐性にはこの反強磁性結合の飽和磁界 H_s が影響しており、定性的にはこの値が大きいほど外部磁界に対する耐性が上がる。この飽和磁界 H_s と反強磁性結合膜 (Ru) の膜厚関係を調べるために、実用の固定層に比べて膜厚の大きな固定層を有するスピバルブ膜 (ガラス基板/CL/下地層: NiFeCr 42 Å/Ru 4.5 Å/自由層: NiFe 20 Å/CoFe 10 Å/非磁性スペーサ膜: Cu 25 Å/強磁性膜 B: CoFe 180 Å/反強磁性結合膜: Ru X Å/強磁性膜 A: CoFe 180 Å/キャップ: Ta 20 Å) を Ru 膜厚を 3.5 Å ~ 5.0 Å の間で変化させて作成し、反強磁性結合の飽和磁界 H_s の温度変化を調べた。ここで強磁性膜 A と強磁性膜 B の CoFe の膜厚を 180 Å と実用レベルの 8 倍程度厚くしているが、この理由は、測定機の最大磁界が 5000 (Oe) でありこの磁界の範囲で H_s が測定できることを狙ったことである。

【0045】

その結果を図3 (a) に示す。室温での H_s の値は、Ru膜厚が6 Åから5 Åさらに3.5 Åと薄くなると、900 (0e)から3100 (0e)さらには5000 (0e)以上へと増加していく。Ru膜厚3.5 Åでは H_s は測定上限磁界の5000 (0e)を越えており、5000 (0e)以上と表現している。 H_s と強磁性膜A及びBの膜厚には反比例の関係があるため(強磁性膜Aと強磁性膜Bの膜厚は等しいことを前提にしている)CoFeの膜厚を25 Åに換算した結果を図3 (b) に示す。その結果、室温(約20℃)での H_s の値は、Ru6 Åで7000 (0e)、Ru5.0 Åでは22000 (0e)であり、Ru3.5 Åでは35000 (0e)以上の非常に大きな値となる。従ってRu膜厚を3.5 Å程度付近にすると外部磁界に対する耐性が向上する。また、 H_s は温度上昇に対して直線的に変化しており、300℃の H_s は、室温の H_s に対して、Ru6 Åで60%、Ru5 Åで45%である。

【0046】

次に、「Ru膜厚」と「スピバルブ膜の抵抗変化特性」の関係性を調べるために、強磁性膜AにCo50原子%Feを用い、強磁性膜BにCo10原子%Feを用いた下記のスピンバルブ膜を作成し、抵抗変化特性とRu膜厚の関係を調べた。尚、積層固定層の成膜中には一定磁界を印加している。

ガラス基板/CL/

下地層: NiFeCr42 Å/Ru4.5 Å/

自由層: NiFe20 Å/CoFe10 Å/

非磁性スペーサ層: Cu20 Å/

強磁性膜B: Co10原子%Fe25 Å/

反強磁性結合膜: Ru X Å (X=2.5~5.0) /

強磁性膜A: Co50原子%Fe Y Å (Y=23、24、25) /

キャップ: Ta20 Å

抵抗変化特性とRu膜厚の関係の結果を図4に示す。Ru膜厚が2.5から3.0 Åになると抵抗変化は2.0から2.3 Ω/□まで増加し、その後Ru3.0~4.0 Åで一定となり、Ruが4.0から5.0 Åまで厚くなると抵抗変化

は $2.3 \Omega/\square$ から $2.0 \Omega/\square$ まで低下する。このようにスピバルブの抵抗変化がピークをとるのは、前述の H_s がこの範囲で十分大きな値となっていることに起因しており、抵抗変化がピークをとる R_u 膜厚 $3.0 \sim 4.0 \text{ \AA}$ の範囲を選定するのが望ましい。

【0047】

以上、外部磁界に対する安定性の観点および抵抗変化を大きくするという観点で望ましい構造を説明したが、本実施の形態のポイントは、浮上面加工の工程等で、固定層 80 の磁化の方向が所望の方向からずれた場合に、室温において適切な磁界印加処理を行なうことによって所望の方向に磁化を向き直らせること、即ち、固定層の磁化方向を室温において制御可能な構成を提供することである。以下固定層の磁化を所望の方向に回復させることのできる構成および、回復させる方法について説明する。

【0048】

まず、強磁性膜 A と強磁性膜 B とともに Co_{50} 原子% を用いた構成、即ち、強磁性膜 A と B がともに同じ保磁力（約 300 (Oe) ）を有する場合について、固定層の磁化方向を制御するための色々の検討を行ったが、検討範囲内では固定層の磁化を意図する方向に制御することには成功しなかった。

【0049】

一方、強磁性膜 A には Co_{50} 原子% Fe を用い強磁性膜 B には Co_{10} 原子% Fe を用いた構成即ち、強磁性膜 A の保磁力（約 300 (Oe) ）を強磁性膜 B の保磁力（約 10 (Oe) ）に比べて 30 倍大きくした場合には固定層の磁化方向を意図する方向に制御することに成功した。以下その構成と方法について説明する。

【0050】

磁界印加処理方法としては、2 段階の磁界印加処理を考案した。この磁界印加の手法を図 5 に示す。まず、第一段階として強磁性膜 A の磁化を向きたい所望の方向に大きさ H_1 の一方向磁界を印加する。この磁界を取り去った後に、第一段階と直交方向に大きさ H_2 の一方向磁界を印加したのち、磁界を取り去るという方法である。この磁界印加処理方法で制御できるスピバルブ膜構成と、適切な磁界（ H_1 及び H_2 ）の大きさを決めるために、反強磁性結合膜（ R_u ）の膜厚

を $3.0 \sim 4.5 \text{ \AA}$ の間で変化させ、強磁性膜 A の膜厚を $22.0 \sim 26.0 \text{ \AA}$ の間で変化させたスピバルブ膜を下記の構成で形成した。下記スピバルブ膜の固定層の成膜中は一定磁界 (70 (Oe)) を印加して固定層を成膜した。

ガラス基板/CL/

下地層: $\text{NiFeCr } 42 \text{ \AA} / \text{Ru } 4.5 \text{ \AA} /$

自由層: $\text{NiFe } 5 \text{ \AA} / \text{CoFe } 15 \text{ \AA} /$

非磁性スペーサ層: $\text{Cu } 19 \text{ \AA} /$

強磁性膜 B: $\text{Co } 10 \text{ 原子\% Fe } 25 \text{ \AA} /$

反強磁性結合膜: $\text{Ru } X \text{ \AA} \text{ (} X = 3.0 \sim 4.5 \text{) } /$

強磁性膜 A: $\text{Co } 50 \text{ 原子\% Fe } Y \text{ \AA} \text{ (} Y = 22.0 \sim 26.0 \text{) } /$

キャップ: $\text{Ru } 5 \text{ \AA} / \text{Ta } 20 \text{ \AA}$

上記のスピバルブ膜の形成後、上述の磁界印加処理を行ない固定層の磁化制御性を調べた。成膜後に、トランスファーカーブを測定し抵抗変化（以下、抵抗変化値のことを $dR1$ と記す。）と強磁性膜 A の磁化の方位（以下、強磁性膜 A の磁化の方位を α_1 と称する。）を求めた。その結果強磁性膜 A は成膜中に印加した磁界方向（以下、この方位を 0 度とする。したがって α_1 はほぼ 0 度であった。）に、強磁性膜 B は成膜中に印加した方向と反対方向を向いていることを確認した。固定層の磁化の上記磁界印加処理による制御性を調べるために固定層の磁化反転を試みた。

【0051】

図 16 に、初期状態で +Y 方向を向いた強磁性膜 A の磁気モーメントを -Y 方向に 2 段磁界印加処理によって制御する例の原理を示す。磁気モーメント方向制御に必須となる条件は、強磁性膜 A の保磁力が強磁性膜 B の保磁力より大きいことと、強磁性膜 A の磁気モーメントが強磁性膜 B の磁気モーメントより大きいことである。

【0052】

上記スピバルブ膜を素子として有する磁気抵抗効果型ヘッドは、その浮上面ラップ加工により、前述したように固定層の磁気モーメントが反転する現象（磁気構造的な損傷）が起きる場合がある。その反転状態を初期状態として図 16 に

示す。初期状態では、強磁性膜A(高 H_c)の磁気モーメントが+Y方向に着磁されており、また強磁性膜B(低 H_c)の磁気モーメントが-Y方向に着磁されている。

【0053】

まず、強磁性膜Aの磁気モーメントを制御したい方向、即ち-Y方向に1段目の磁界を印加する。この1段目の磁界が大きければ大きいほど、磁界印加時の強磁性膜Aの磁気モーメントが-Y方向に近づく点で望ましい。

【0054】

1段目磁界を取り去る過程で、保磁力の大きな強磁性膜Aの磁気モーメントの方向変化は小さく、保磁力の小さな強磁性膜Bの磁気モーメントが主に変化して反平行となるために強磁性膜Aの磁気モーメントが-Y方向に近くなる。しかしながらこの時点では強磁性膜Aの磁気モーメントは-Yに平行までにはならない。理由は磁界を取り去る過程において強磁性膜Aと強磁性膜Bの合成の磁気モーメントが磁界方向に近くなることでゼーマンエネルギーを小さくするからである。

【0055】

次に、-Y方向に近づいた強磁性膜Aの磁気モーメントを実質的に-Y方向に近づけるために2段目磁界印加を1段目磁界と直交方向に(X方向)行なう。2段目の磁界の1段目磁界に比べて小さくした方がよい。この磁界が強すぎると、1段目磁界印加処理で-Y方向に近づいた強磁性膜Aの磁気モーメントがX方向に近づいてしまうからである。この2段目の磁界印加はGMR膜の両脇に配置する永久磁石膜の磁気モーメントの方向を決める処理をも兼ねる。したがって該永久磁石膜の保磁力 H_c (永久磁石膜)よりは大きくする必要がある。

【0056】

2段目の磁界を減少する過程で強磁性膜の合成のモーメントが磁界方向を向いてゼーマンエネルギーを下げるのを利用して強磁性膜Aの磁気モーメントを-Y方向に実質的に向ける。したがって強磁性膜Aと強磁性膜Bの磁気モーメントに大きな差があるのは望ましくない。どの程度の差が許容できるかは後述する。

【0057】

この2段階の磁界印加処理方法で、 H_1 の大きさは、10000(0e)と14000(0e)の2種の大きさとした。 H_2 の大きさは10000(0e)とした。この2

段階磁界印加処理の後にトランスファーカーブを測定し、抵抗変化と強磁性膜 A の磁化の方位を調べた。処理後の抵抗変化の値を dR_2 とし、強磁性膜 A の方位値を α_2 とする。本実施の形態では、 α_2 が 180 ± 10 度の範囲にあり、かつ、抵抗変化 dR_2 の値が dR_1 の 95% 以上の値であるとき、強磁性膜 A の磁化は 180° の反転に成功しており、固定層の磁化方向の制御性が可能であると判断した。

【0058】

図 6 には、上述の判定基準によって固定層の磁化反転に成功した構成に○印を、磁化反転が判定基準に満たなかった構成には×印を記した。したがって、○印の構成が固定層の磁化制御が可能な構成を意味する。

【0059】

図 6 (a) は H_1 を 10000 (Oe) で行った時の結果であり、図 6 (b) は H_1 を 14000 (Oe) で行ったときの結果である。この構成ではキャップ層に Ru 5 Å/Ta 20 としており、強磁性膜 A と強磁性膜 B の磁気モーメントが等しくなるのは、強磁性膜 A の膜厚が 22.0 Å のときであった。強磁性膜 A の膜厚が 22.0 Å のとき、即ち強磁性膜 A と強磁性膜 B の磁気モーメントに差がない場合には、 H_1 が 10000 (Oe) でも、14000 (Oe) でもその大きさにかかわらず、また、Ru の膜厚にかかわりなく磁化制御がうまくいかなかった。強磁性膜 A の膜厚が 22.5 Å のときは、 H_1 が 10000 (Oe) の場合は Ru の膜厚に関わりなく磁化反転に失敗しているが、 H_1 を 14000 (Oe) まで大きくすると強磁性膜 A の膜厚が 22.5 Å の Ru 膜厚 3.0 Å ~ 4.5 Å の範囲で制御に成功している。さらに強磁性膜 A の膜厚を 23.0 ~ 23.5 Å に厚くした場合 H_1 が 10000 (Oe) のときは Ru 厚さが 4.0 Å 未満では磁化制御がうまくいっていないが、 H_1 が 14000 (Oe) のときは Ru のすべての膜厚で磁化制御に成功している。 H_1 が 10000 (Oe) の場合、強磁性層 A の膜厚が 24.5 Å ~ 25.0 Å の範囲であるときは、Ru 膜厚が 3.0 Å ~ 4.0 Å のいずれの範囲でも磁化反転に成功している。また、 H_1 が 14000 (Oe) の場合、強磁性層 A の膜厚が 22.5 Å ~ 25.0 Å の範囲であるときは、Ru 膜厚が 3.0 Å ~ 4.0 Å のいずれの範囲でも磁化反転に成功している。強磁性膜厚 A が一層厚くなった 2

5. 5 \AA 以上の範囲の場合は R_u のいずれの膜厚でも制御がうまく行かない。この原因は、強磁性膜 A があまりに厚くなると、強磁性膜 A と強磁性膜 B のモーメント差で現される固定層の磁気モーメントが大きくなるために第 2 段階の印加磁界によって固定磁気モーメントが第 2 段階の印加磁界方向に傾いてしまうためである。

【0060】

以上の結果をまとめると、つぎの (1) ~ (4) である。

(1) H_1 が大きいほうが R_u の薄い膜厚、強磁性膜 A と強磁性膜 B の磁気モーメント差の小さいところで、固定層の磁化反転が可能である。

(2) 同じ H_1 の場合は、 R_u の膜厚が厚いほうが、固定層の磁化反転が可能である。

(3) 固定層の総磁気モーメント (強磁性膜 A と強磁性膜 B の磁気モーメント差) が小さすぎると固定層の磁化反転がうまくいかない。

(4) 固定層の総磁気モーメント (強磁性膜 A と強磁性膜 B の磁気モーメント差) が大きくなりすぎると第 2 段階の磁界印加によって磁化が該印加磁界方向に傾いてしまうので、固定層の磁化反転がうまくいかない。

【0061】

ここで、(1) と (2) は同じ現象を別の観点で述べており、第 1 段階の印加磁界 H_1 の下限値は反強磁性結合の飽和磁界 H_s によって決まっており、 R_u が薄くて H_s が大きければ H_1 の下限値が大きくなり、 R_u が厚くて H_s が小さければ H_1 の下限値は小さくなるということである。したがって、同じ H_1 であれば、 R_u を厚くした方が H_s が小さくなるために固定層磁化反転が起こりやすくなるのである。また、(3) は保磁力の大きな強磁性膜 A の磁気モーメントが保磁力の小さな強磁性膜 B の磁気モーメントより大きい場合、第 1 段階の磁界印加後に磁界を取り去る過程で、保磁力の大きくかつモーメントの大きな強磁性膜 A の磁化方向は変化が小さく、保磁力の小さくかつモーメントの小さな強磁性膜 B の磁気モーメントが主に変化して反平行となるために、第 1 段階の磁界印加後に強磁性膜 A の磁気モーメントが印加磁界方向と近い方向となるためである。また、強磁性膜 A と強磁性膜 B の保磁力の差が大きくなると、第 1 段階の磁界印

加後に磁界を取り去る過程での強磁性膜 A の磁気モーメントの方向変化が小さくなるため、強磁性膜 A と強磁性膜 B の磁気モーメント差（固定層の総磁気モーメント）が小さくても磁化反転に成功する。（4）は固定層の総モーメントをある値に抑えておかないと第 2 段階の磁界印加で、その方向に強磁性膜 A 磁気モーメントが向こうとするためである。

【0062】

以上のことを、数学的に記述すると次のように記述することが可能である。ここで、 D_A は強磁性膜 A の膜厚、 D_{A0} は、強磁性膜 B の磁気モーメントと強磁性膜 A の磁気モーメントが等しくなるときの、強磁性膜 A の膜厚であり、 C 、 Δ_1 、 Δ_2 は定数である。

【0063】

$$H_1 \geq C \cdot H_s \quad \dots \text{ (数1)}$$

$$\Delta_1 \leq (D_A - D_{A0}) / D_{A0} \leq \Delta_2 \quad \dots \text{ (数2)}$$

$$\Delta_1 = \Delta_1 (H_{cA}) \quad \dots \text{ (数3)}$$

従って、固定層磁化の制御性のことを考えれば、（数 1）式から、 R_u を厚くして H_s を小さくして、（数 1）式を満足させやすくし、強磁性膜 A を適正範囲で厚くして固定層の総磁気モーメントをある程度大きく適正值にして（数 2）式を満足するのがよい。しかしながら、 H_s が低くなるほど、また、固定層の総磁気モーメントが大きくなると固定層の外部磁界に対する耐性が低下するので、これを回避するには、 R_u はできるだけ 3.5 Å に近い値にして H_s を大きくし、強磁性膜 A の膜厚は強磁性 B と強磁性 A の磁気モーメント差がゼロとなる値（図 6 の場合 22.0 Å）にできる限り一致させたい。そのためには、第 1 段階の印加磁界 H_1 をできるだけ大きくすることと Δ_1 をできるだけ小さくすることが必要である。 H_1 を強くするには大きな磁界の印加できる磁界印加設備を準備すればよい。また、 Δ_1 を小さくするには、強磁性膜 A の保磁力 H_{cA} をできるだけ大きくして強磁性膜 B の保磁力 H_{cB} との差をできるだけ大きくすることが望ましい。

【0064】

ここで、図 3（b）に示す反強磁性結合の飽和磁界（ H_s ）の結果と（数 1）

より、すくなくとも、

$$C = 0.4 = (H_1 : 14000 / H_s : 35000)$$

であれば、望ましい結果が得られることが判明した。また、本実施の形態では、図6(b)に示す結果と(数2)より、

$$\Delta 1 = 0.0227 (\cong (22.5 - 22.0) / 22.0)$$

$$\Delta 2 = 0.136 (\cong (25.0 - 22.0) / 22.0)$$

と算出される。

【0065】

また、

$$H_{cA} \geq 200 \text{ (Oe)} \quad \dots \text{ (数4)}$$

とすることで、

$$\Delta 1 \leq 0.0227 \quad \dots \text{ (数5)}$$

と $\Delta 1$ を2.3%以下に小さくすることができる。先の例でいうと、固定層の磁気モーメントがゼロとなる強磁性膜Aの膜厚22.0 Åに対して、強磁性膜Aの膜厚を22.5 Åとしても固定層磁化反転が可能となる。図7に強磁性膜Aの膜厚を変えたときのトランスファーカーブを示すが、強磁性膜厚Aが22.5 Åの構成は、波形にヒステリシスは認められず、少なくとも1000 (Oe)の固定層磁化方向の磁界に対して安定性の高い固定層として必要な要件を満足していることがわかる。

【0066】

また、2段階目の磁界印加(H_2)は、一段階目の磁界印加(大きさ H_1)後にその印加方向近傍に向いた強磁性膜Aの磁気モーメントを、一段目の印加磁界方向に近づけるために行なう。上記のように強磁性膜Aと強磁性膜Bはほぼその磁気モーメントが等しい(10%程度の差である)ので2段階目の磁界を例えば10kOe程度印加すると強磁性膜AとBの磁気モーメントは反平行からお互いのなす角度が180度より小さくなり、その合成モーメントが印加磁界方向に回転する。この状態から印加磁界を取り去ると、印加磁界とほぼ直交方向に強磁性膜AとBの磁気モーメントが互いに反平行に配列する。この過程で重要となるのが、強磁性膜Aと強磁性膜Bの磁気モーメントに大きな差がないことと、印加磁界

(H2) を大きくし過ぎて強磁性膜 A と B の磁気モーメントを磁界と直交方向から極端に外れないようにすることである。磁気モーメントに差が大きいと磁界を取り去った後に両モーメントが印加磁界と直交にならないためである。また、印加磁界を大きくしすぎると印加中に強磁性膜 A が印加磁界と直交方向から大きく外れ、A の保磁力が大きいために磁界を取り去っても印加磁化と直交方向に戻ることができないためである。H2 の上限は Hs の 35% 以下であることが望ましい。

【0067】

また、2 段階目の磁界印加のもう一つの機能は、磁気抵抗センサ膜に隣接する永久磁石膜の着磁処理（磁気モーメントをその磁界印加方向に向ける処理）のためである。したがって、H2 は少なくとも永久磁石の保磁力 Hc より大きくすることが必要である。したがって、H2 については、次の範囲にする必要がある。

【0068】

$$H_c \leq H_2 \leq 0.35 H_s \quad \dots \text{ (数6)}$$

（実施の形態 2）

図 8 に、本発明の別の実施形態に係る読み出しセンサの具体的構成を示し、その詳細は後述するが、図 8 の構成を参照して説明すると、スピバルブ膜 18 は、磁界に対して比較的応答し易い第 1 の強磁性層（以下、自由層とする。例えば CoFe 膜 44 及びパーマロイ膜 45 に相当する）と、磁界に対して比較的応答し難い第 2 の強磁性層（以下、固定層とする。積層固定層 50 に相当する）と、これらの間に導電性の非磁性スペーサ層（例えば、Cu 膜 43 に相当する）を有する。また、固定層の下には結晶形態を調整し抵抗変化を大きくするための下地層 42 を有する。さらに 44 及び 45 で構成される自由層の上にはキャップ層（例えば、Ta キャップ 46 に相当する。）を有する。

【0069】

本実施の形態では、実施の形態 1 と同様に、固定層 50 に、2 つの強磁性膜（例えば、強磁性膜 A（52）、強磁性膜 B（54）に相当する。）とこれらの強磁性膜（52 と 54）の間に反強磁性結合膜（例えば、Ru 膜 53 に相当する）

とを用いた積層固定層 50 が、磁気記録装置に用いるためのスピバルブ型再生ヘッドとして機能する構成を与える。ここで本構成は固定層 50 に隣接する交換結合層をもたないのも実施形態 1 と同様である。実施形態と異なるのは固定層 50 が Z 軸方向でみた下側に来ていること、即ち、固定層 50 が自由層よりも下側に積層されること（ボトムスピバルブ型磁気ヘッド）、また下地膜 42 にバッファ層 47 を有することである。

【0070】

固定層 50 を形成する強磁性膜 A または B はの保磁力の値は、この隣接する下地膜の種類によって大きく変化する。最適な下地を調べるために下地膜の構成を変えて強磁性膜 CoFe の保磁力の Fe 組成依存性を調べた。下地膜 42 の構成としては (NiFeCr 42 Å/Ru 4.5 Å/バッファ層(47)) を用いた。

【0071】

バッファ層 47 としては、以下の 4 種類を調べた。

- ①何もない場合（バッファ層無し）
- ②NiFe 5 Å
- ③Cu 10 Å
- ④NiFe 5 Å/Cu 10 Å

本実施の形態におけるスピバルブ膜の構成は次のとおりとした。ここでは、ボトム型固定層の保磁力とバッファ層との関係を調査するために、下記構成の様に固定層となるべき膜を自由層としている。実際のボトムスピバルブ型磁気ヘッドの構成については後述する。

ガラス基板/CL/

下地層: NiFeCr 42 Å/Ru 4.5 Å/バッファ層/

自由層: Co-X原子%Fe 20 Å/

非磁性スペーサ膜: Cu 19.5 Å/

固定層: [Co 10%Fe 25/Ru 3.5 Å/Co 50%Fe 23.5 Å]/

キャップ: Ta 20 Å

ここで、[Co 10%Fe 25/Ru 3.5 Å/Co 50%Fe 23.5 Å]が固定層であり、Co-X原子%Fe 20 Åが自由層であり、下地層 42 上の自由層

としてCoX原子%Fe膜の保磁力を調査した。その結果を図10に示す。いずれのバッファ層を用いた場合でも、Feの組成増加と共に保磁力は増加している。そして、Fe40原子%を境にして保磁力Hcは飛躍的に上昇し、例えばFe50原子%では、バッファ層なしとバッファ層がNiFe5Åの場合とバッファ層がNiFe5Å/Cu10Åの場合に保磁力は250～300(Oe)となっており、固定層を構成する強磁性膜Aとして機能する。しかし、バッファ層なしの場合は、MR比が低いという問題があり、この点を考慮した場合、下地層(NiFeCr/Ru)の上にバッファ層を設ける構成が望ましく、本実施の形態ではNiFeのバッファ層を用いるのが最適である。また、バッファ層にCu10Åを用いた場合、Co50原子%Feでの保磁力は100(Oe)程度であり、固定層を構成する強磁性膜Aとしては十分機能しないことがわかった。

【0072】

図11には下地層42としてNiFeCr/NiFe/PtMnを用いた場合のCoX原子%Fe層の保磁力のFe組成依存性を調べた結果を示す。スピバルブ膜の構成は下記の通りである。

ガラス基板/CL/

下地層: NiFeCr32Å/NiFe8Å/PtMn30Å/

自由層: CoX原子%Fe/

非磁性スペーサ層: Cu19.5Å/

固定層: [Co10原子%Fe25/Ru3.5Å/Co50原子%Fe23.5Å]/

キャップ: Ta20Å

図11では、保磁力は10～20原子%Feで最小となり、Fe組成60原子%で保磁力は最大となるが、最大値は120(Oe)であり、固定層を構成する強磁性膜Aとしては小さ過ぎる。そこで、Fe組成を60原子%と固定して、PtMnとCo60原子%Feの間のバッファ層としての検討を行なった。バッファ層としては、Ru、Cu、Al、NiFeCrの材料を用い、それぞれ膜厚を変えて検討した。スピバルブ膜の構成は、下記の通りである。

ガラス基板/CL/

下地層: $\text{NiFeCr } 32 \text{ \AA} / \text{NiFe } 8 \text{ \AA} / \text{PtMn } 30 \text{ \AA} / \text{バッファ層 (=Ru, Cu, Al, NiFeCr) /}$

自由層: $\text{Co } 60 \text{ 原子\%Fe } 20 \text{ \AA} /$

非磁性スペーサ膜: $\text{Cu } 19.5 \text{ \AA} /$

固定層: $\text{Co } 10 \text{ 原子\%Fe } 25 \text{ \AA} / \text{Ru } 3.5 \text{ \AA} / \text{Co } 60 \text{ 原子\%Fe } 23.5 \text{ \AA} /$

キャップ: $\text{Ta } 20 \text{ \AA}$

上記のスピンバルブ膜において、バッファ層膜厚を $0 \sim 15 \text{ \AA}$ で変化させた。図 12 にその結果を示す。バッファ層として Ru または Cu を用いた場合その上の $\text{Co } 60 \text{ 原子\%Fe}$ 膜の保磁力は 200 (Oe) まで増加した。バッファ層膜厚は 5 \AA 以上有れば良いこともわかった。また、Al または NiFeCr をバッファ層に用いた場合、その上の $\text{Co } 60 \text{ 原子\%Fe}$ 膜の保磁力は減少することから、Al や NiFeCr はバッファ層として適切でないことがわかった。

【0073】

以上をふまえ、本実施の形態におけるボトムスピンバルブ型磁気ヘッドの素子構成の一例を下記に示す。

基板/CL/

下地層: $\text{NiFeCr } 42 \text{ \AA} / \text{Ru } 4.5 \text{ \AA} / \text{NiFe } 5 \text{ \AA}$ (バッファ層) /

固定層: $\text{Co } 50\% \text{Fe } X \text{ \AA} / \text{Ru } 3.5 \text{ \AA} / \text{Co } 10\% \text{Fe } 25 \text{ \AA} /$

非磁性スペーサ膜: $\text{Cu } 19.5 \text{ \AA} /$

自由層: $\text{CoFe } 20 \text{ \AA} /$

金属層: $\text{Cu } 8 \text{ \AA} /$

絶縁層: $\text{Al } 10 \text{ \AA} / \text{Poxy} /$

キャップ: $\text{Ta } 20 \text{ \AA}$

上記構成で、強磁性膜 A の膜厚 X を $18 \sim 23 \text{ \AA}$ のいずれかとし、外部磁界を 1000 (Oe) 又は 2000 (Oe) の範囲で変化させた場合のトランスファーカーブのグラフを図 21 に示す。 $\text{Co } 50\% \text{Fe}$ 膜厚が 19 \AA のとき、強磁性膜 A と強磁性膜 B の磁気モーメント差がゼロであり、 1000 (Oe) の測定磁界では X が $19 \sim 22 \text{ \AA}$ の範囲でヒステリシスは生じず、十分な磁界耐性が得られる。そして、 X が $20 \sim 22 \text{ \AA}$ の場合、実

施形態 1 で説明した 2 段着磁法によって固定層磁気モーメントの制御が可能である。また、外部磁界が 2000 (Oe) の測定磁界では、X が 20 Å の近傍の範囲ではヒステリシスは生じず、十分な磁界耐性が得られ、そして、同様に X が 20 Å の近傍範囲の場合、実施形態 1 で説明した 2 段着磁法によって固定層磁気モーメントの制御をすることができる。

【 0 0 7 4 】

尚、Poxy はプラズマ酸化を意味し、具体的にはアルゴンと酸素を混合ガスのプラズマ中にアルミニウムを曝しアルミニウムを酸化する処理を意味する。

【 0 0 7 5 】

(実施形態 3)

実施の形態 1 及び実施の形態 2 においては強磁性膜の保磁力を大きくするために、C o F e の組成を適正化しているが、別の方法として C o または、C o F e に添加元素を加える方法がある。添加する元素としては、C r、V などの元素がある。

【 0 0 7 6 】

(実施形態 4)

実施の形態 1 ～ 3 では、スピバルブ型のセンサ膜（トップ型・ボトム型）を構成する固定層について望ましい構成を述べているが、実施の形態 1 ～ 3 は、デュアル型のスピバルブセンサ膜を有する磁気ヘッドにも適用することができる。

【 0 0 7 7 】

図 1 7 にデュアル型のスピバルブセンサ膜を有する磁気ヘッドの構成を示す。第 1 の固定層 110 は、強磁性膜 A (114) と強磁性膜 B (112) を反強磁性結合膜 113 を介在させて構成され、第 2 の固定層 130 は、強磁性膜 A (134) と強磁性膜 B (132) を反強磁性結合膜 133 を介在させて構成される。第 1 の固定層 110 と第 2 の固定層 130 の間に、非磁性スペーサ 102、103 を介して自由層 140 が形成されている。116、117、137、138 は、第 1 の固定層 110 及び第 2 の固定層 130 のそれぞれの強磁性膜が有する磁気モーメントの方向である。以上のスピバルブ膜の構成は、基板 101 上に形成される下地膜 135 を介して形成され、スピバルブ膜の上部にはキャップ層 106 が形成される。また、下地膜 135 は実施の形態 2 に示したようなバッフ

ァ層136を有する構成とすることもできる。このスピバルブ膜の左右には、永久磁石下地層120、121、永久磁石膜122、123、電極124、125が形成される。

【 0 0 7 8 】

本実施の形態では、GMR膜として下記のものを形成した。

基板/

下地層：NiFeCr42 Å/Ru4.5 Å/NiFe5 Å/

第2の固定層：Co50%Fe21 Å/Ru3.5 Å/Co10%Fe25 Å/

非磁性スペーサ膜：Cu19.5 Å/

自由層CoFe5 Å/NiFe15 Å/CoFe5 Å/

非磁性スペーサ膜：Cu19.5 Å/

第1の固定層：Co10%Fe25 Å/Ru3.5 Å/Co50%Fe23 Å/

キャップ：Ru5/Ta20 Å

上記のデュアル型スピバルブ膜においても、第1の固定層及び第2の固定層の強磁性層AのFe組成を40at%～80at%の範囲、強磁性層BのFe組成を0at%～20at%の範囲とすることで、外部磁界（1000(Oe)以上）に対して安定性の高い磁気特性を得ることができ、また固定層における磁気モーメント方向の制御性に優れる磁気ヘッドを実現することができる。

【 0 0 7 9 】

また、実施の形態1～3は、固定層と自由層を有しセンス電流を膜面に垂直方向に流す磁気トンネル接合型のセンサ膜や、固定層と自由層を有しセンス電流を膜面に垂直方向に流すCPP型のセンサ膜の固定層に用いることもできる。これらのセンサ膜の概略図を図18に示す。

【 0 0 8 0 】

203はTMR膜またはCPP-GMR膜であり、TMR膜またはCPP-GMR膜203にセンス電流を供給する電極兼磁気シールド201、202、絶縁層206、207、永久磁石膜204、205により構成される。以下にそれぞれの実施の形態を示す。

(CPP-GMR膜の構成例)

下部シールド/接触層/

下地層：NiFeCr42 Å/Ru4.5 Å/NiFe5 Å/

第 2 の固定層：Co50%Fe21 Å/Ru3.5 Å/Co10%Fe25 Å/

非磁性スペーサ膜：Cu19.5 Å/

自由層：CoFe5 Å/NiFe15 Å/CoFe5 Å/

非磁性スペーサ膜：Cu19.5 Å/

第 1 の固定層：Co10%Fe25 Å/Ru3.5 Å/Co50%Fe23 Å/

キャップ：Ru10 Å/

接触層/上部シールド

(TMR膜の構成例)

下部シールド/接触層/

下地層：NiFeCr42 Å/Ru4.5 Å/NiFe5 Å/

第 2 の固定層：Co50%Fe21 Å/Ru3.5 Å/Co10%Fe25 Å/

絶縁層：Al酸化層7 Å/

自由層：CoFe5 Å/NiFe15 Å

キャップ：Ru20 Å/

接触層/上部シールド

上記のCPP-GMRヘッド、TMRヘッドにおいても、第 1 の固定層及び第 2 の固定層の強磁性層 A の Fe 組成を40at%~80at%の範囲、強磁性層 B の Fe 組成を0at%~20at%の範囲とすることで、外部磁界（1 0 0 0 (0e)以上）に対して安定性の高い磁気特性を得ることができ、また固定層における磁気モーメント方向の制御性に優れる磁気ヘッドを実現することができた。特にCPP型のセンサ膜の場合は、従来のPtMnを交換バイアス層を隣接した固定層を有すると、PtMn層はその比抵抗がその他の層の10倍程度あり、かつ、PtMn層と他の層の膜厚がほぼ同じになり、かつ、PtMn層と他の層に直列で電流が流れることから、PtMn層で電流による発熱量が、他の層の発熱量の約10倍となり、PtMn層での発熱が大きくセンス電流を大きくできないという問題点がある。本実施の形態における固定層を用いれば、比抵抗の大きなPtMnのような層は不要となり発熱量を約10分の1に低減できる。したがって許容センス電流がPtMnを用いた場合の約10倍に向上でき、得られる信号出力を約10倍にすることができ

るため、非常に有効である。

【 0 0 8 1 】

【発明の効果】

本発明により、固定層の磁化方向を室温における磁界印加により所望の方向に制御できる、記録媒体からの磁界や記録ヘッドからの磁界に対して安定な高記録密度対応の磁気抵抗効果型ヘッドを実演することを提供できる。例えば、従来型のヘッドでは、浮上面加工時に浮上面付近の固定層の磁化方向が方向が所望の方向から外れるために、高記録密度対応のMR高さが0.1ミクロン級のヘッドでは性能劣化が顕著となるが、本発明のヘッドでは、加工後に固定層の磁化方向を制御できるために、固定層の磁化方向を所望の方向に制御できるために、この級の性能の十分なヘッドを提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】さまざまなキャップ層を用いた場合の強磁性膜Aの保磁力のF_e組成依存性を調べたグラフ

【図2】 (a) 強磁性膜A及び強磁性膜BともにC o 5 0 原子% F_eを用いた場合のスピバルブ膜の磁界と抵抗変化分の関係をしめしたトランスファーカーブ例。(b) 強磁性膜AにC o 5 0 原子% F_eを用い、強磁性膜BにC o 1 0 原子% F_eを用いた場合のスピバルブ膜の磁界と抵抗変化分の関係を示すトランスファーカーブ例。(c) 強磁性膜A及び強磁性膜BともにC o 1 0 原子% F_eを用いた場合のスピバルブ膜の磁界と抵抗変化分の関係を示すトランスファーカーブ例。

【図3】積層型固定層の反強磁性結合の飽和磁界(H_s)の温度変化を示すグラフ。(a)はC o F_e膜厚180 Åの場合のグラフで、(b)はC o F_e膜厚を25 Åに換算した場合のグラフ。

【図4】強磁性膜AにC o 5 0 原子% F_eを用い、強磁性膜BにC o 1 0 原子% F_eを用いたスピバルブ膜の抵抗変化のR_u膜厚依存性を示すグラフ。

【図5】固定層の磁化を意図する方向に制御するための磁界印加処理(2段階磁界処理)の方法をあらわす図。

【図6】図5に示す2段階磁界印加処理によって固定層の磁化方向制御が可能な

スピバルブ膜構成を、反強磁性結合膜 (Ru) と強磁性膜 A (Co 50 原子% Fe) の膜厚を変えて調べた結果を示す表。○印が制御可能な構成を示す。(a) は初段磁界の大きさ H_1 が 10000 (Oe) の場合の結果を、(b) は H_1 が 14000 (Oe) の場合の結果を示す。

【図 7】強磁性膜 B (Co 10 原子%) の膜厚を 25 Å 一定とし、強磁性膜 A (Co 50 原子% Fe) の膜厚を変えた場合の測定磁界 1000 (Oe)、2000 (Oe)、5000 (Oe) でのトランスファーカーブを示す図。

【図 8】積層型固定層を用いたスピバルブ型の磁気抵抗センサの構造を示す図。

【図 9】積層型固定層を用いたスピバルブ型の磁気抵抗センサの図 8 とは異なる構造を示す図。

【図 10】図 8 に示すボトム型のスピバルブセンサ膜の強磁性膜 A の、さまざまな下地層を用いた場合の保磁力の Fe 組成依存性を示す図。

【図 11】図 8 に示すボトム型のスピバルブセンサ膜の強磁性膜 A の、図 10 で用いたものとは異なる下地層を用いた場合の保磁力の Fe 組成依存性を示す図。

【図 12】図 8 に示すボトム型のスピバルブセンサ膜の強磁性膜 A の、図 11 で用いたものとは異なる下地層を用いた場合の保磁力の Fe 組成依存性を示す図。

【図 13】本発明の実施の形態に係わる、磁気記録再生装置の概略を示す図。

【図 14】本発明のスピバルブセンサを用いた磁気記録再生装置用磁気ヘッドを示す図。

【図 15】強磁性膜 B の Fe 組成比と抵抗変化の関係を示すグラフ。

【図 16】本実施の形態の積層固定層の磁気モーメントの反転制御の原理を示す図。

【図 17】本実施の形態のデュアルスピバルブ型磁気ヘッドの構成を示す図。

【図 18】本実施の形態の CPP-GMR ヘッド、TMR ヘッドの構成を示す図。

【図 19】強磁性膜 A の Fe 組成と膜厚を変化させた場合 (強磁性膜 B の膜厚は

25 Å) のトランスファーカーブを示すグラフ。

【図 20】強磁性膜 A の Fe 組成と膜厚を変化させた場合（強磁性膜 B の膜厚は 20 Å）のトランスファーカーブを示すグラフ。

【図 21】本実施の形態のボトムスピンバルブ型磁気ヘッドで、強磁性層 A の膜厚を変化させた場合のトランスファーカーブを示すグラフ。

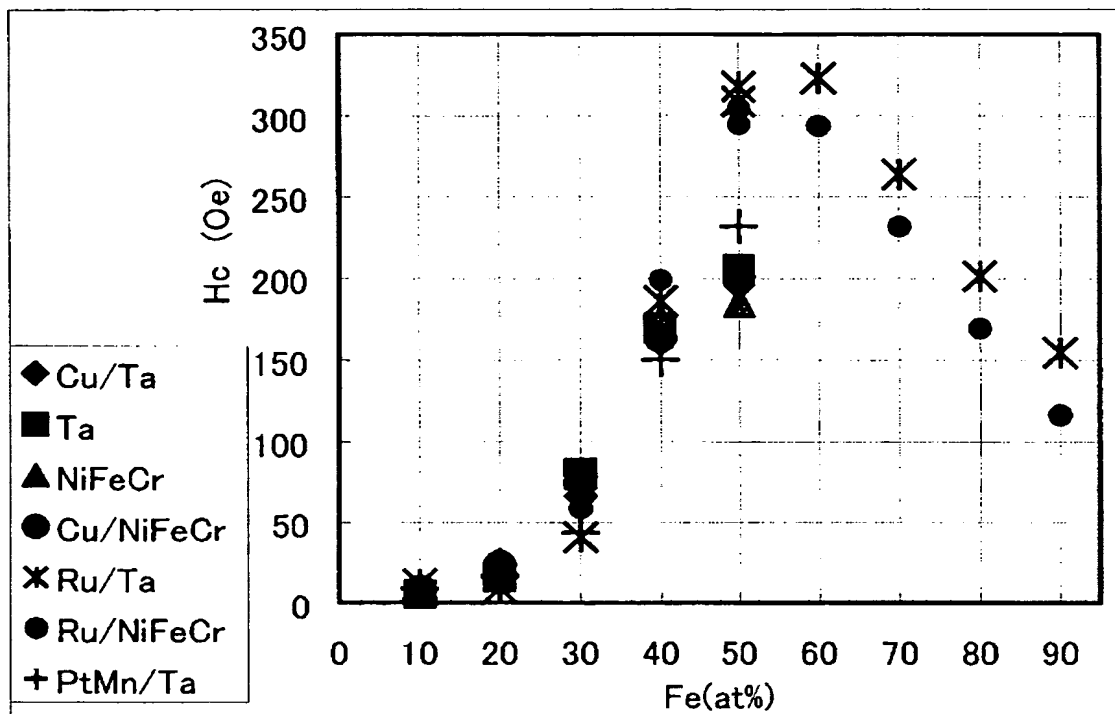
【符号の説明】

16 基板、17, 21 磁気シールド、18 スピンバルブ膜、19, 20 電極、22 コイル、23 再生ギャップ、24 磁気コア、31, 32 永久磁石膜、41 絶縁膜、42 下地層、43 非磁性導電膜、44 CoFe 膜、45 NiFe 膜、46 キャップ層、50 積層型固定層、52 強磁性膜 A、54 強磁性膜 B、53 反強磁性結合膜、56, 57 磁化方向、60, 61 下地膜、62, 63 永久磁石膜、64, 65 電極、71 絶縁膜、72 下地層、73 非磁性導電膜、74 CoFe 膜、75 NiFe 膜、76 キャップ層、80 積層型固定層、82 強磁性膜 B、54 強磁性膜 A、83 反強磁性結合膜、86, 87 磁化方向、90, 91 下地膜、92, 93 永久磁石膜、94, 95 電極

【書類名】 図面

【図 1】

図 1



【図 2】

図 2(a)

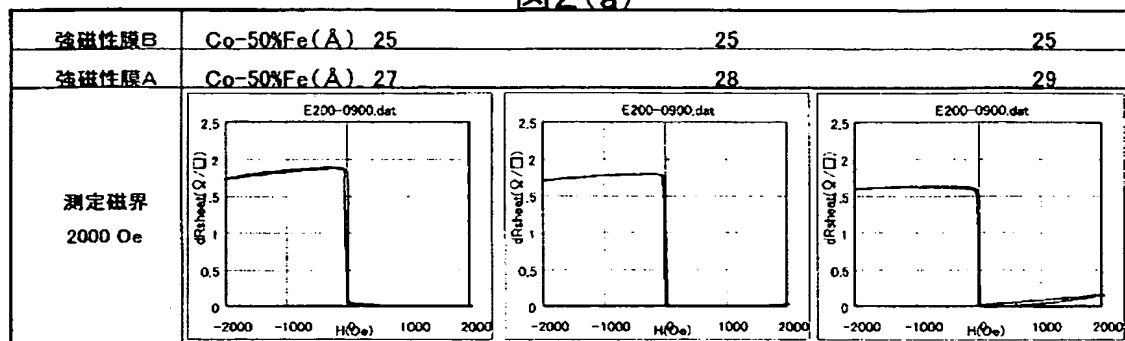


図 2(b)

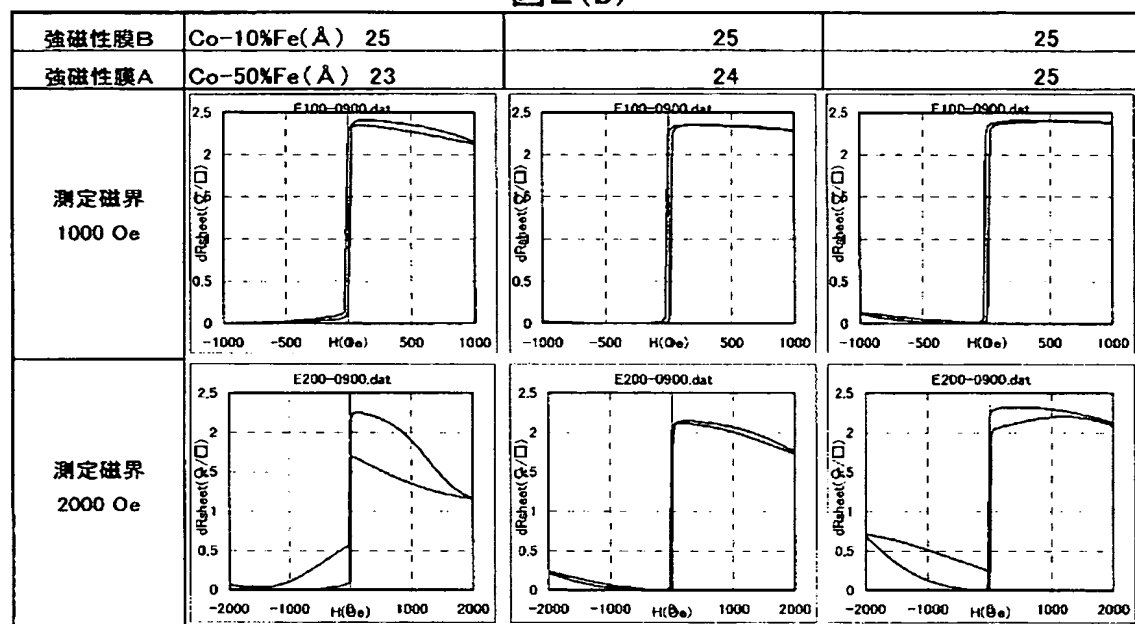
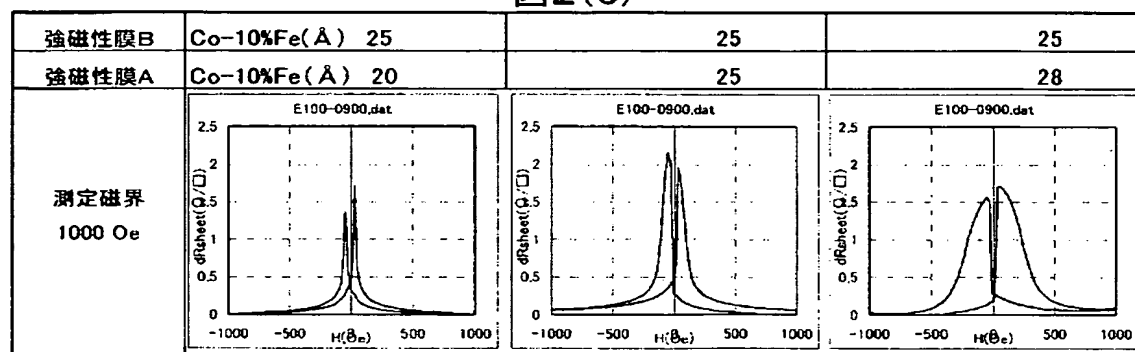


図 2(c)



【図 3】

図 3(a)

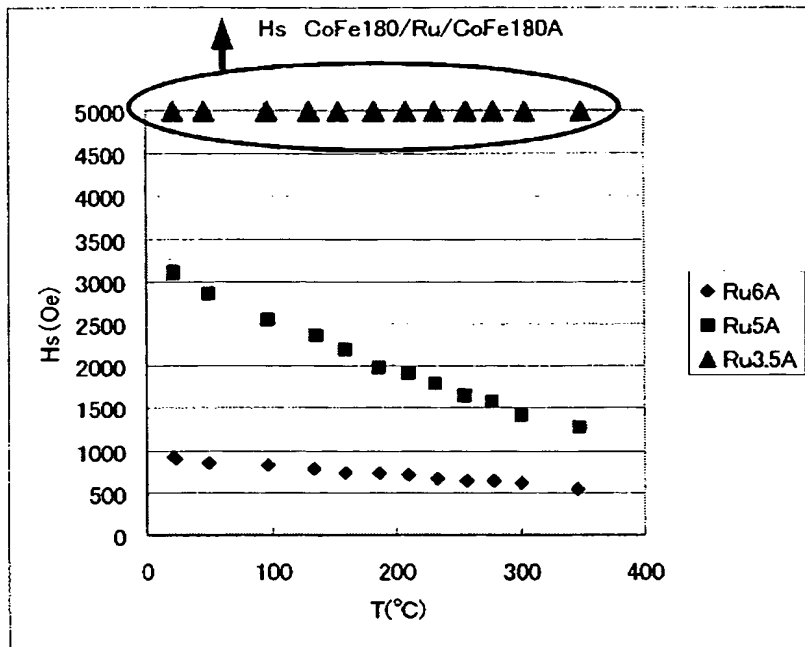
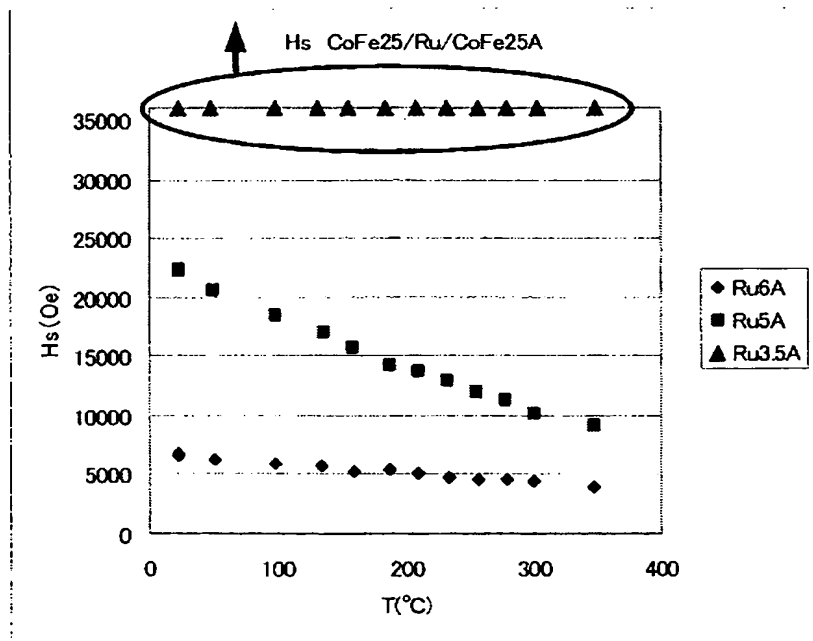
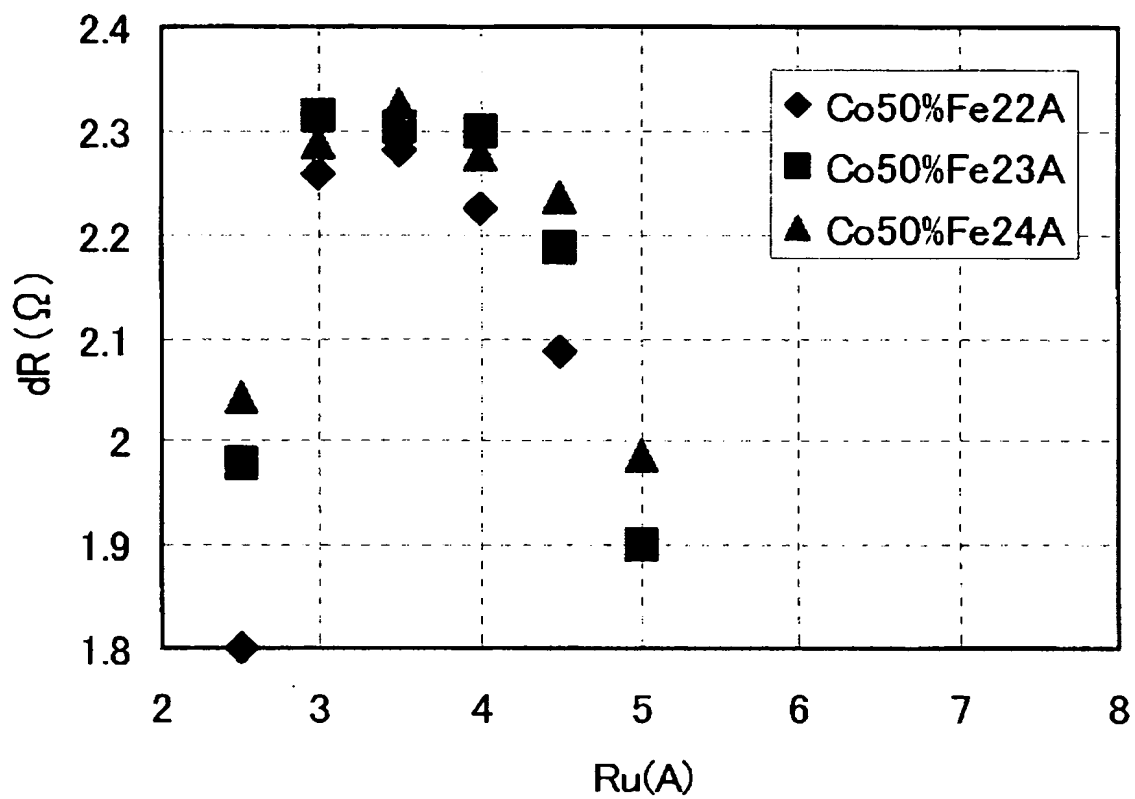


図 3(b)



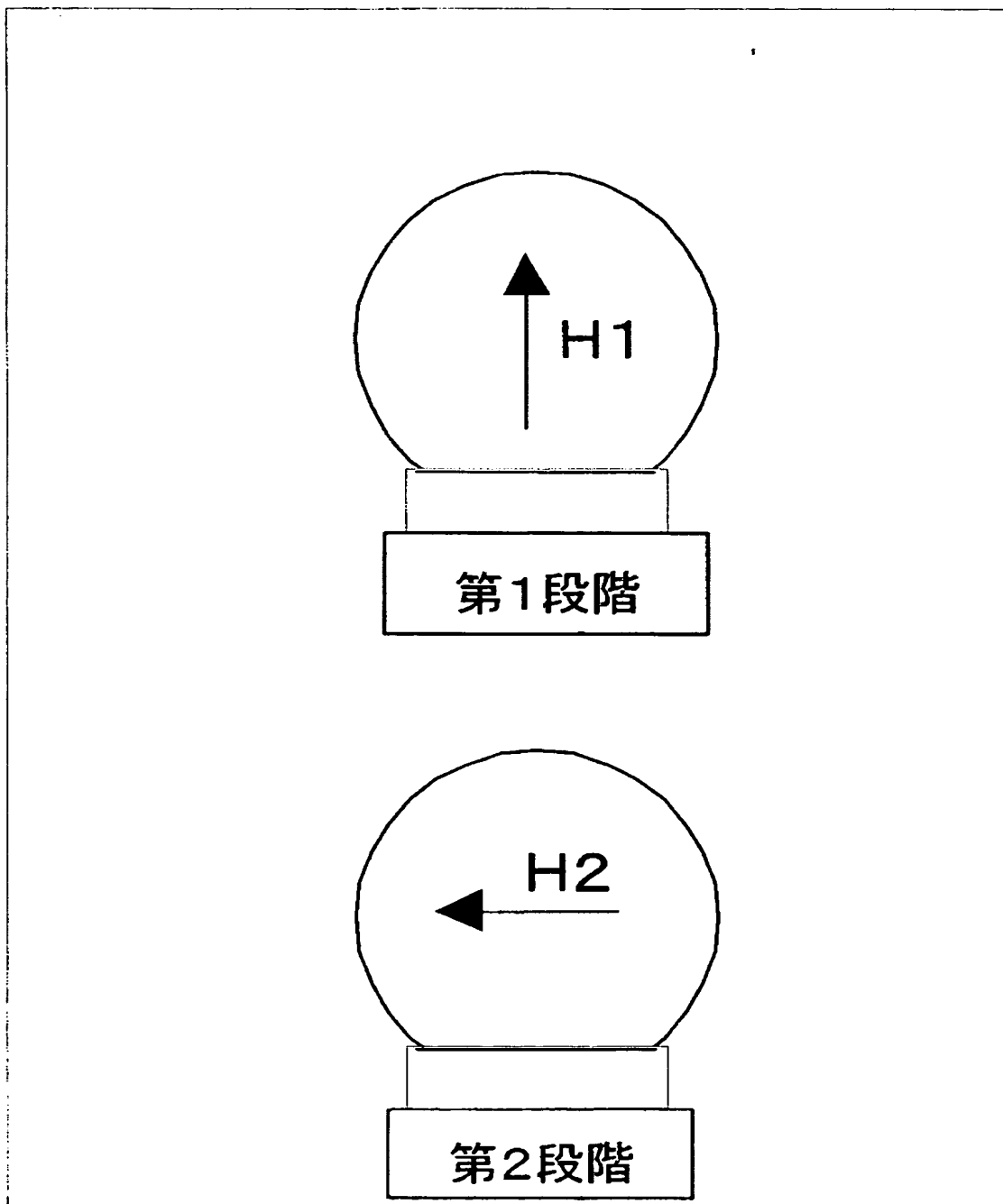
【図 4】

図 4



【図5】

図5



【図 6】

図 6 (a)

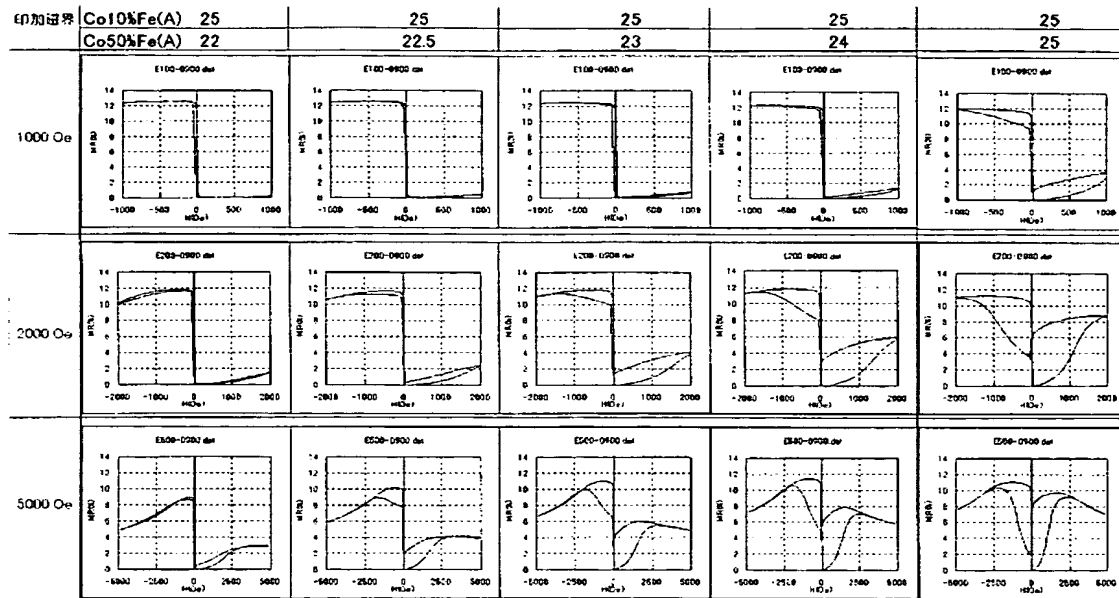
強磁性膜A Ru (A)	22.0	22.5	23.0	23.5	24.0	24.5	25.0	25.5	26.0	
3	×	×	×	×	×	○	○	×	×	high ↑ Stability ↓ low
3.5	×	×	×	×	×	○	○	×	×	
3.8	×	×	×	×	○	○	○	×	×	
4	×	×	○	○	○	○	○	×	×	
4.2	×	×	○	○	○	×	×	×	×	
4.5	×	×	○	○	×	×	×	×	×	
high ← Stability → low										

図 6 (b)

強磁性膜A Ru (A)	22.0	22.5	23.0	23.5	24.0	24.5	25.0	25.5	26.0	
3	×	○	○	○	○	○	○	×	×	high ↑ Stability ↓ low
3.5	×	○	○	○	○	○	○	×	×	
3.8	×	○	○	○	○	○	○	×	×	
4	×	○	○	○	○	○	○	×	×	
4.2	×	○	○	○	○	×	×	×	×	
4.5	×	○	○	○	×	×	×	×	×	
high ← Stability → low										

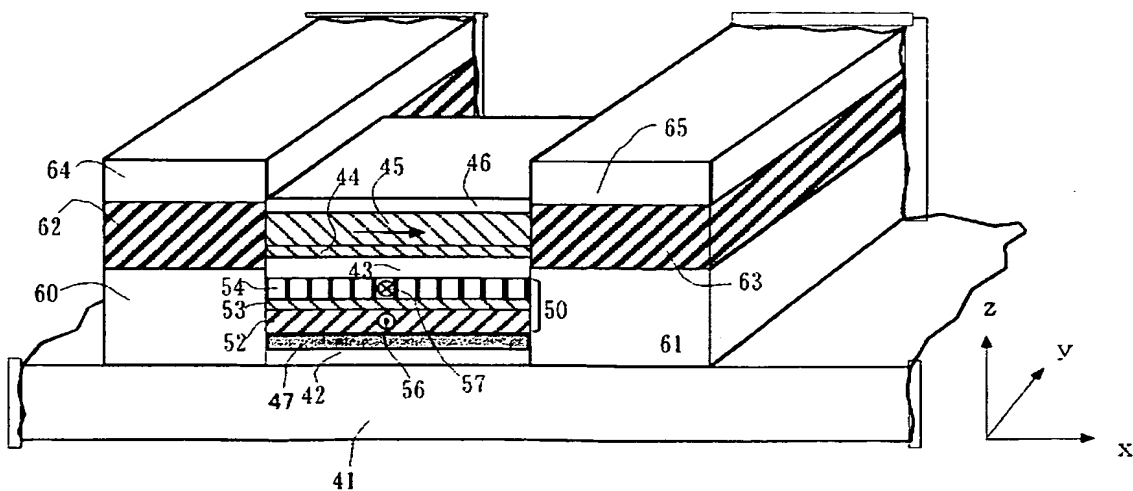
【図 7】

図 7



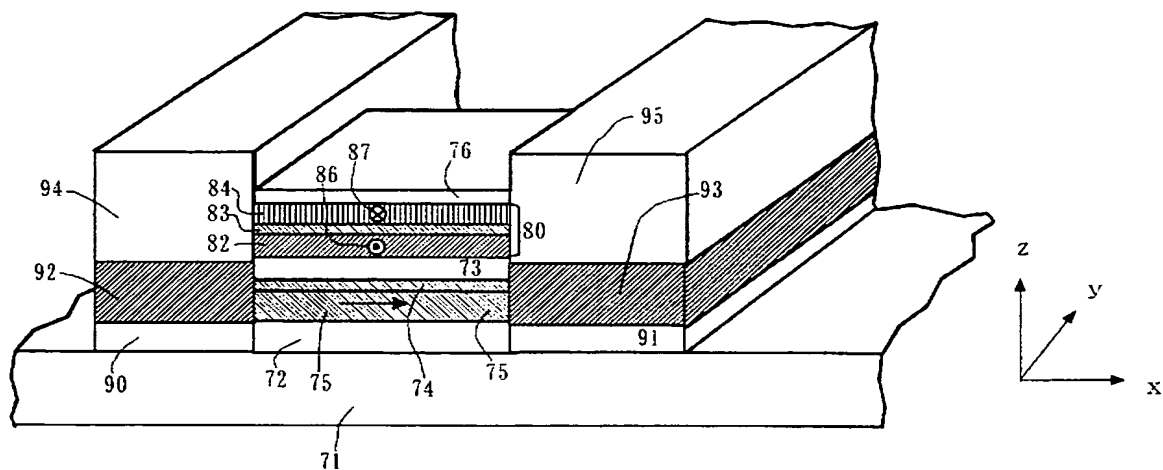
【図 8】

図 8



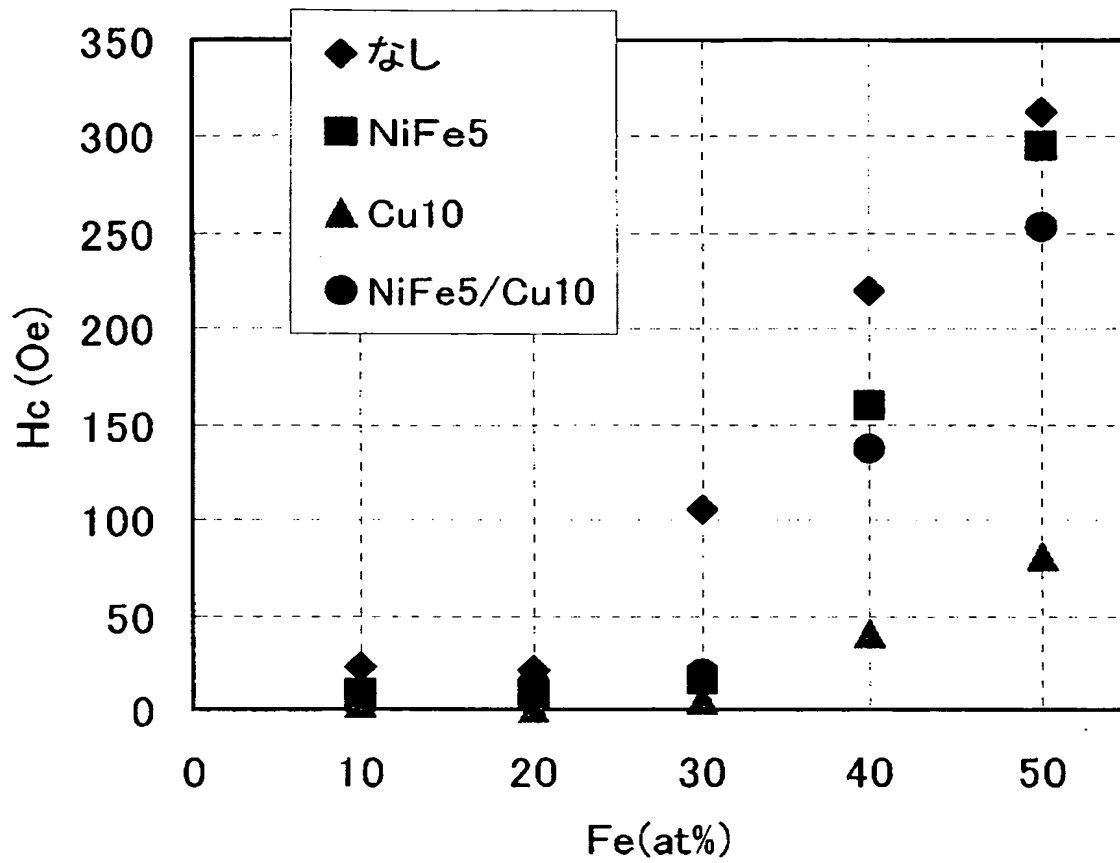
【図 9】

図 9



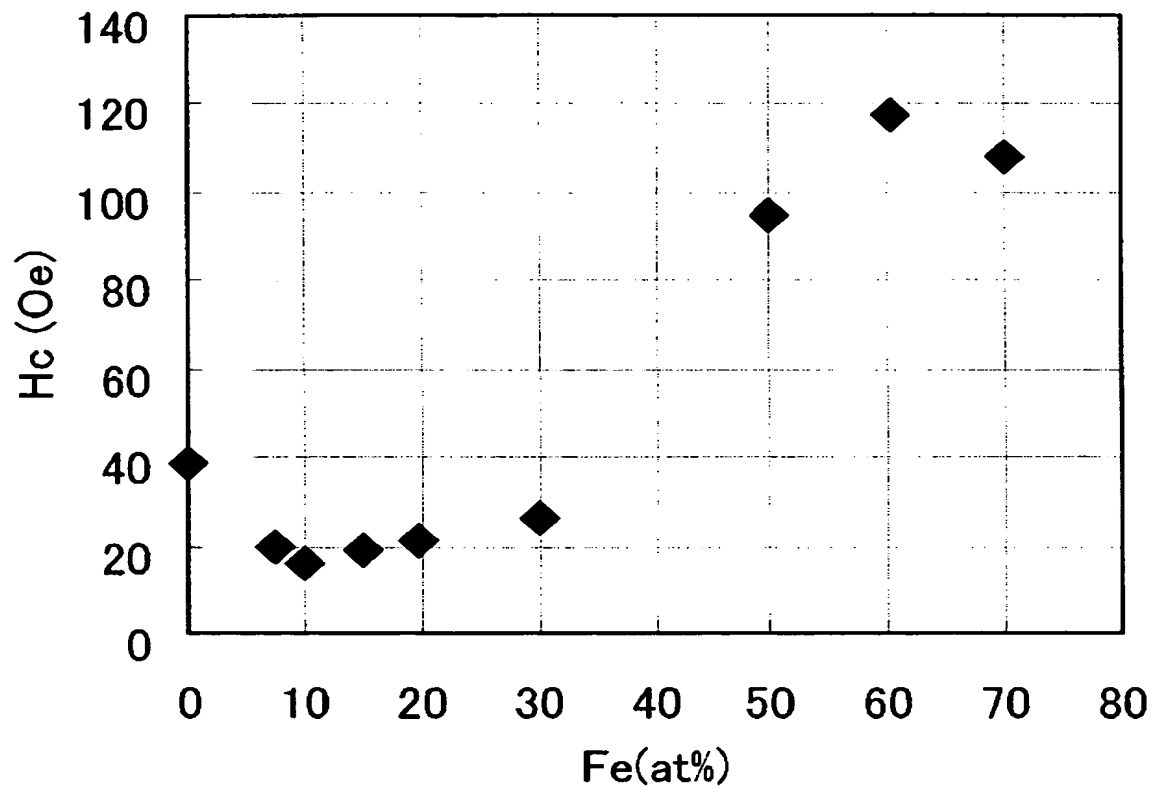
【図 10】

図 10



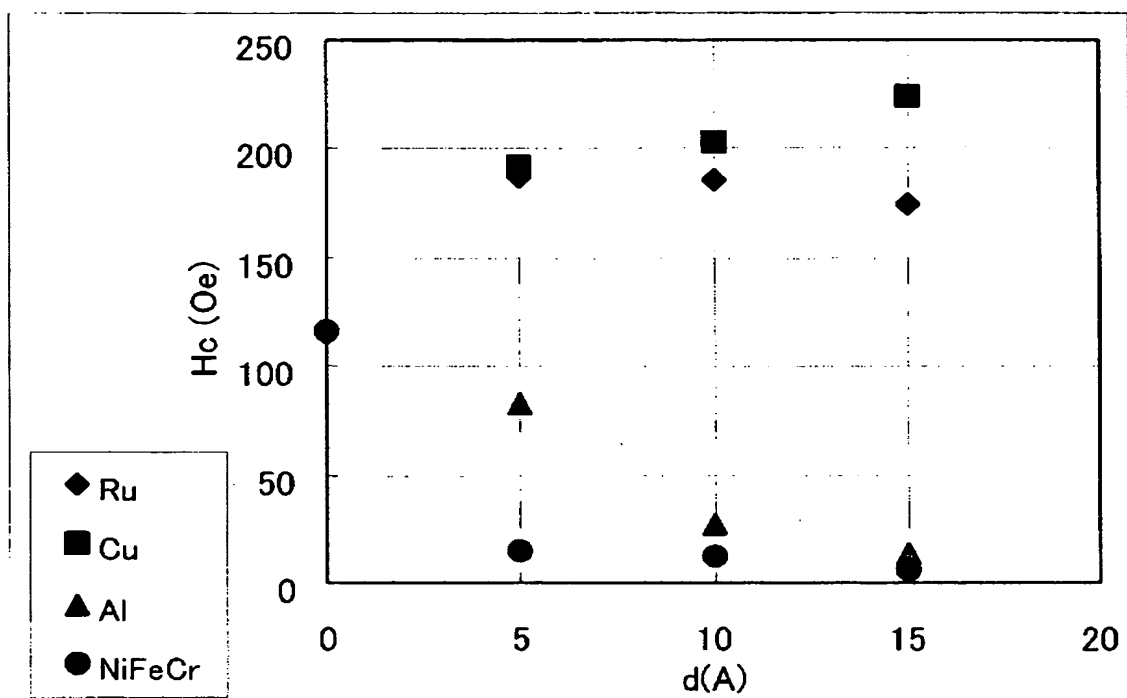
【図 11】

図 11



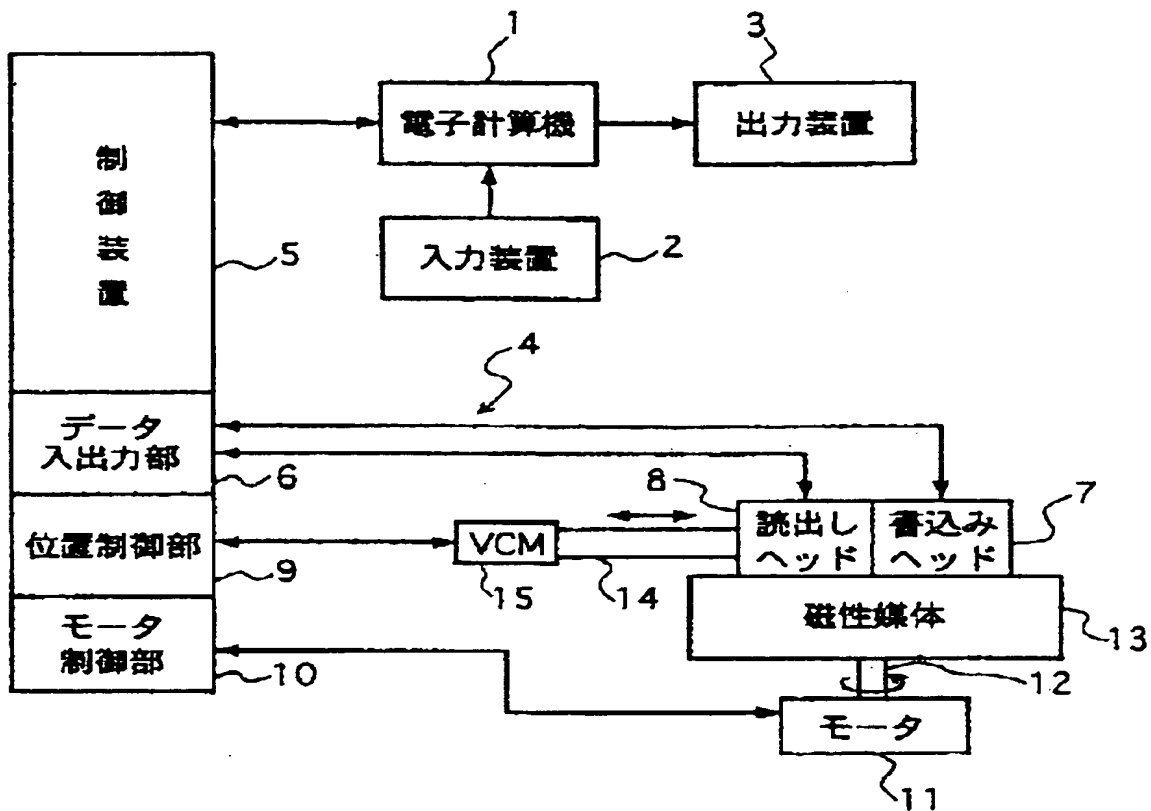
【図 12】

図 12



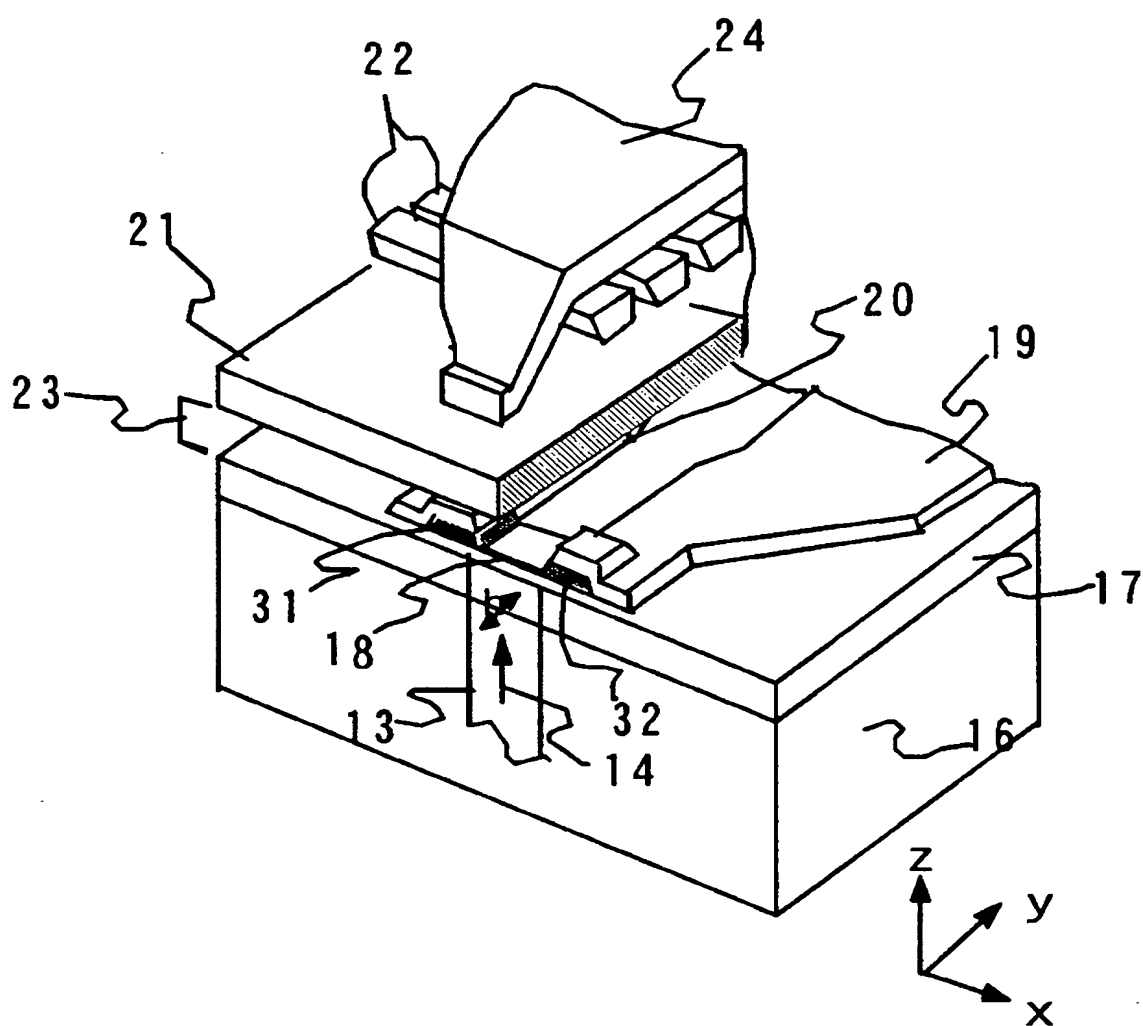
【図 13】

図 13



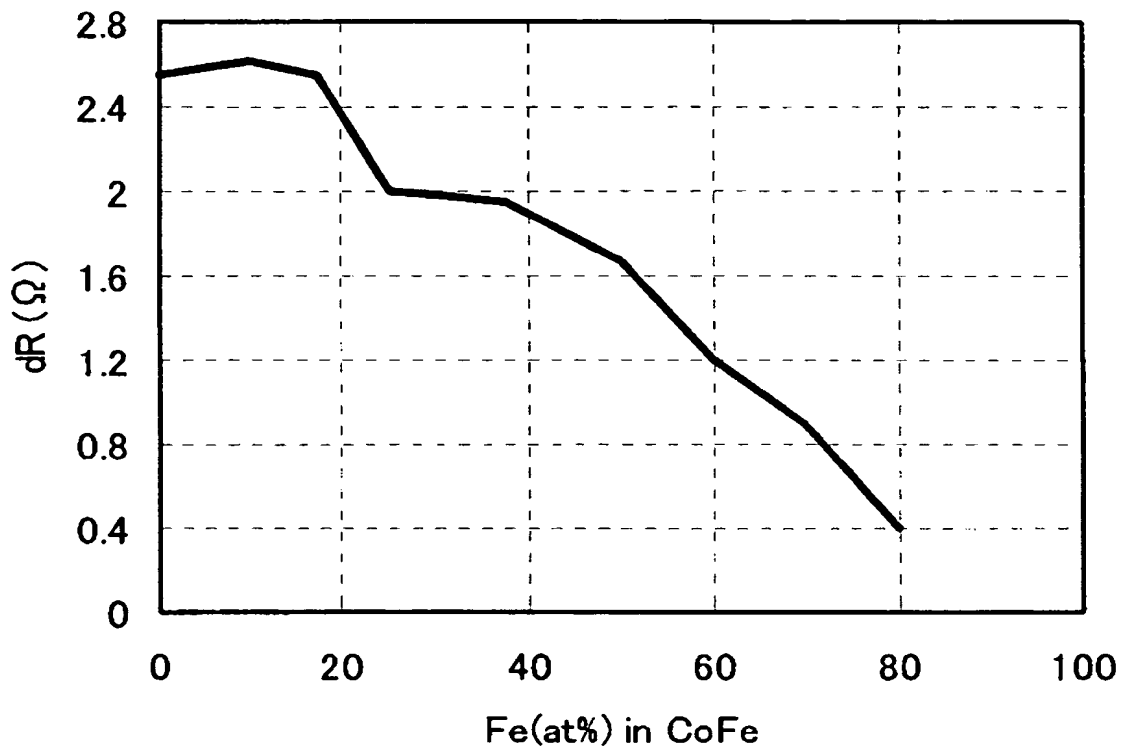
【図 14】

図 14



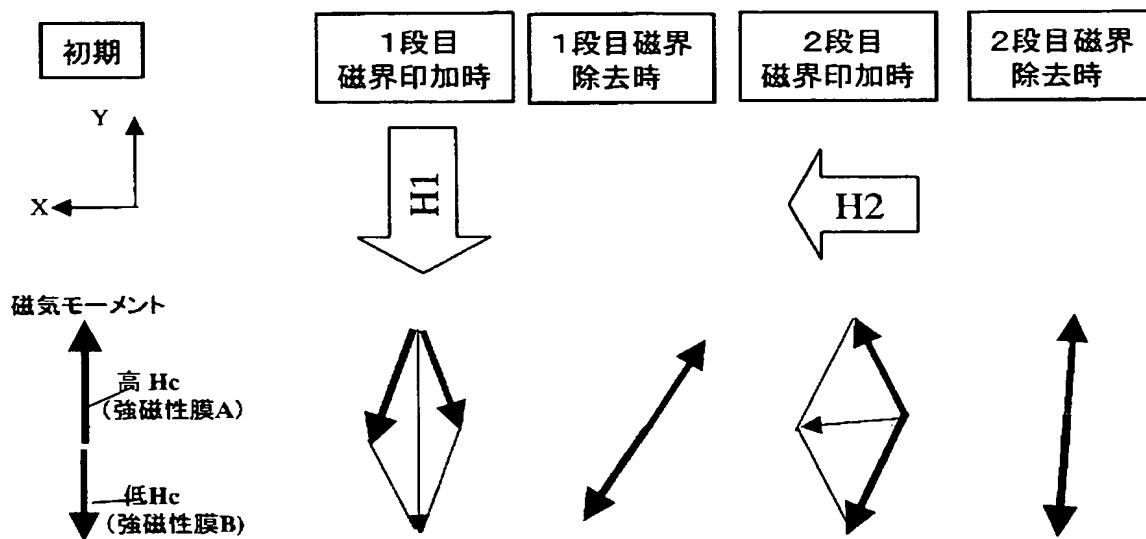
【図 15】

図 15



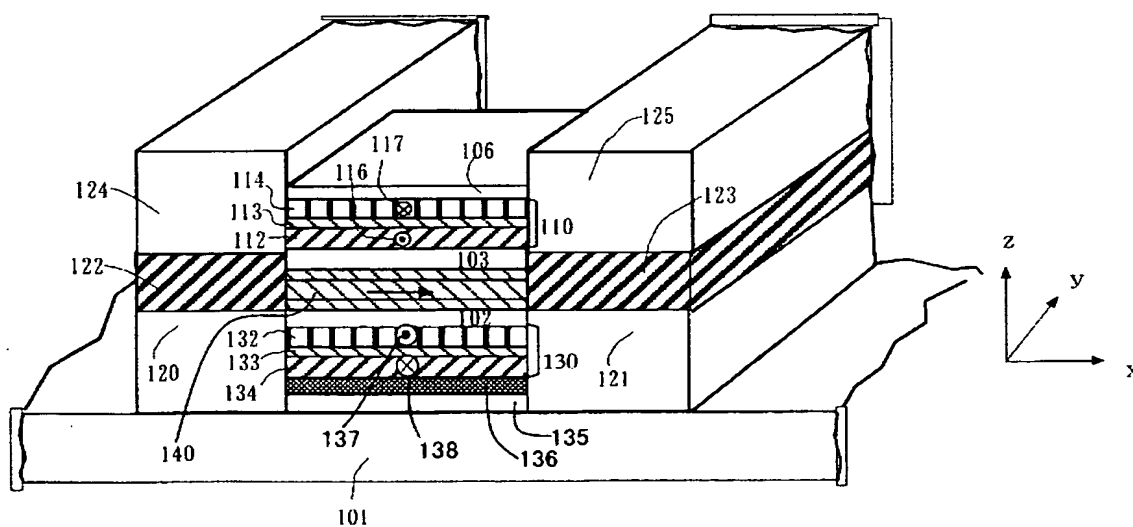
【図 16】

図 16



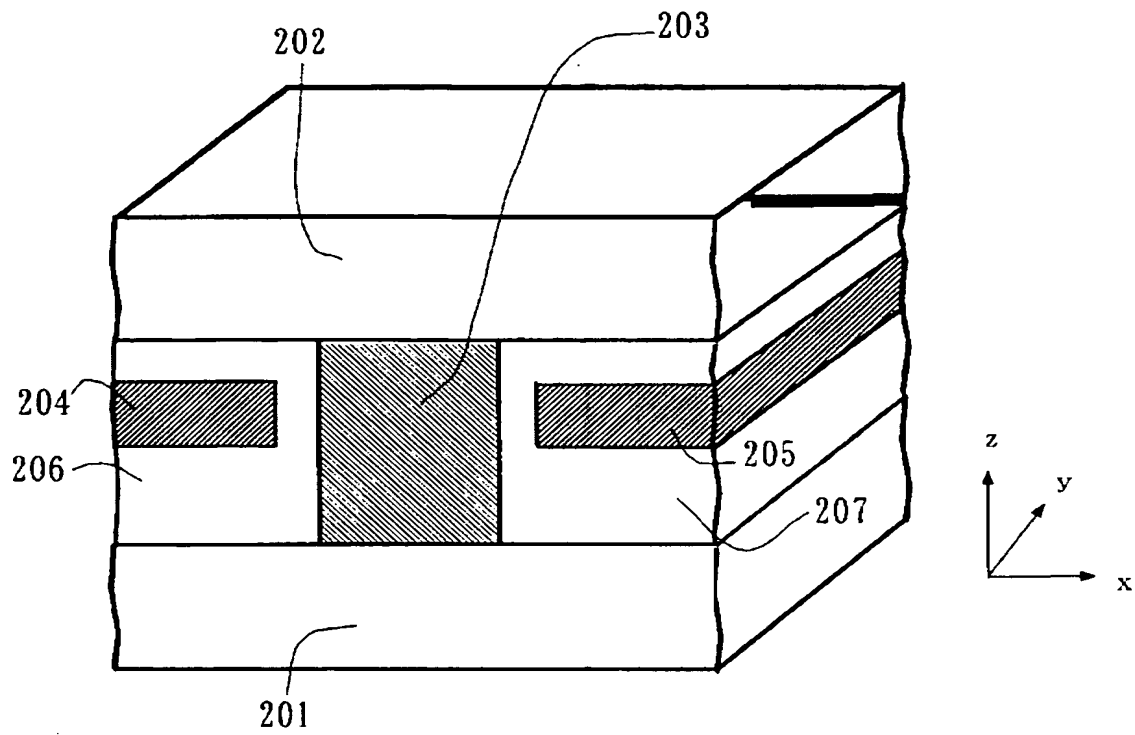
【図 17】

図 17



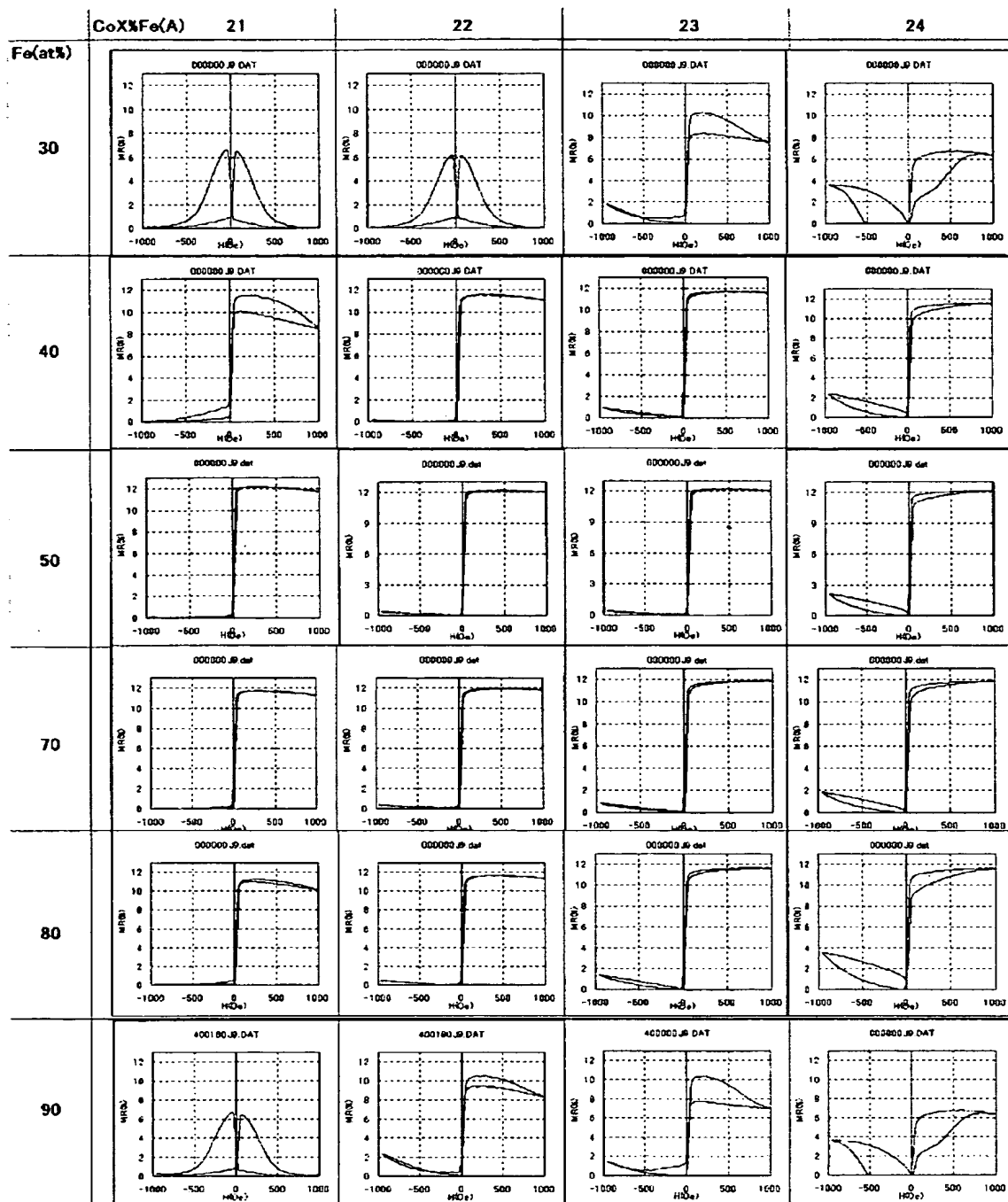
【図 18】

図18



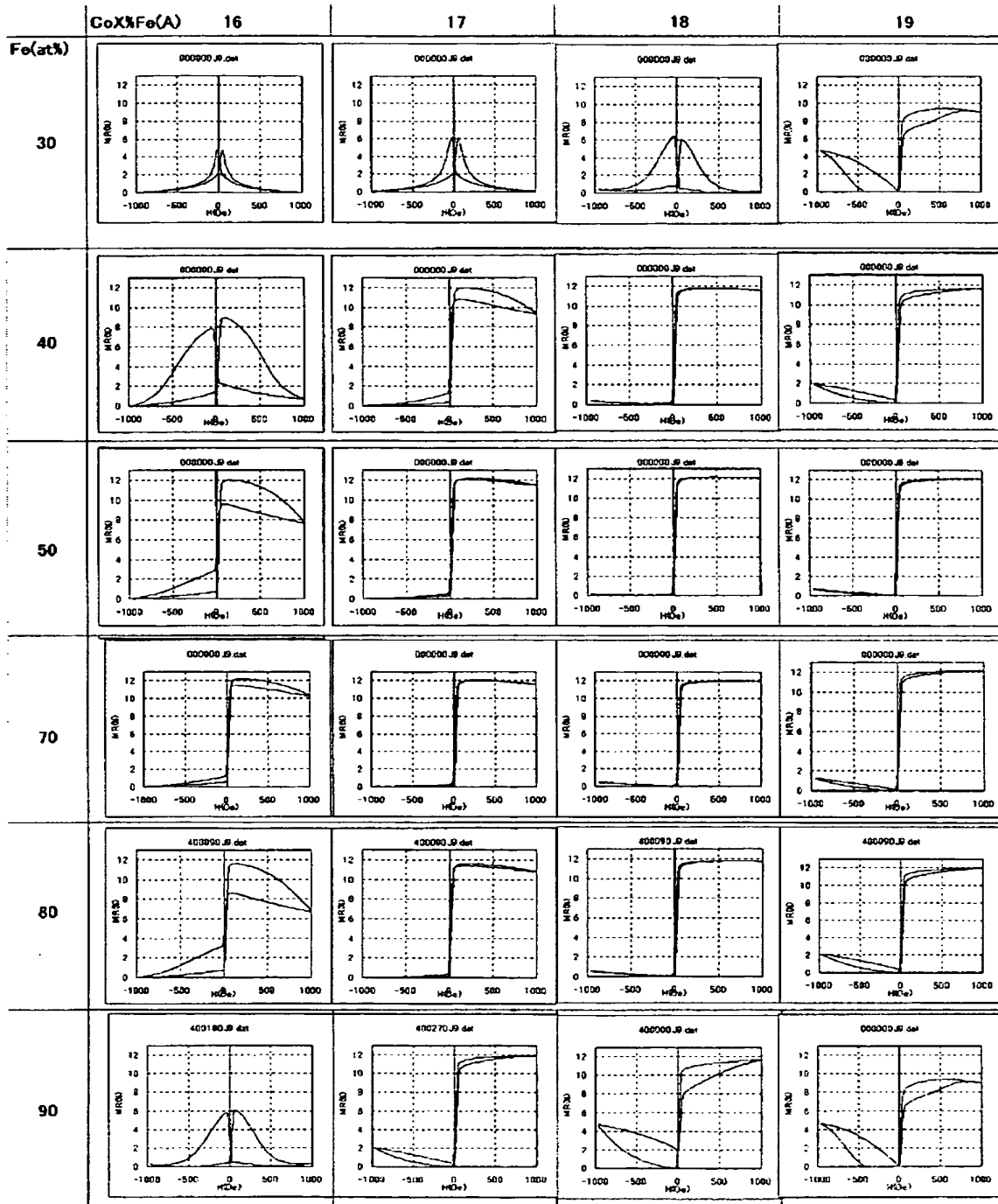
【図 19】

図 19



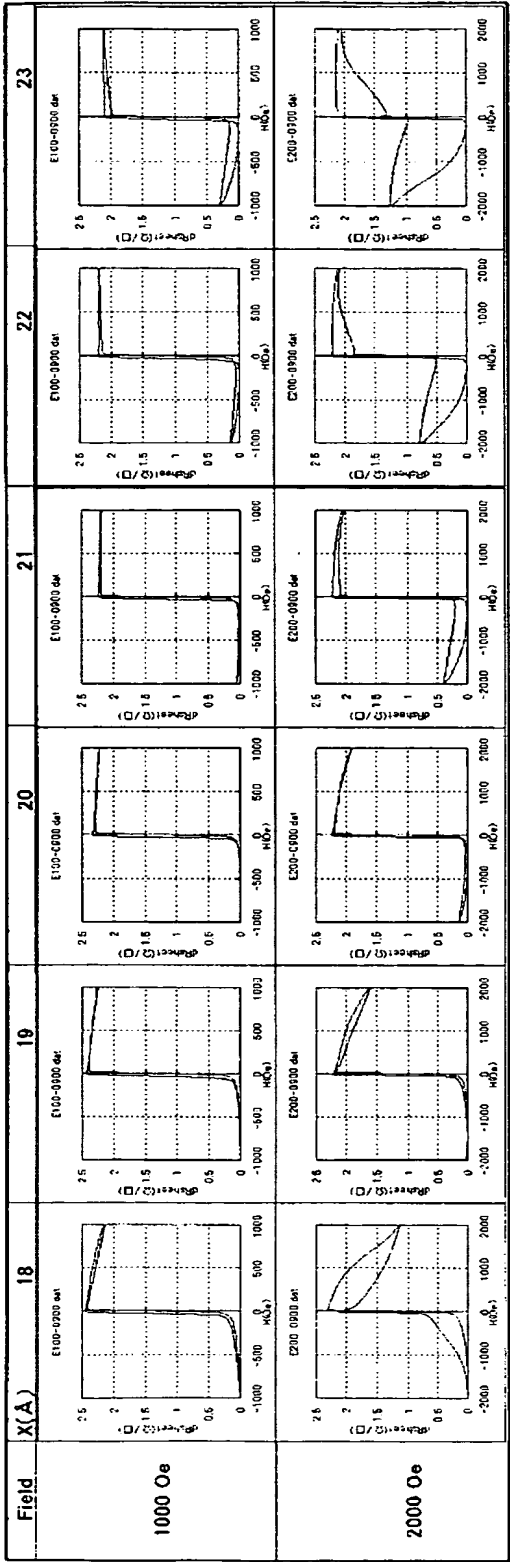
【図 20】

図 20



【図 21】

図 21



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 大きな外部磁界に対して固定層磁気モーメントが安定で室温における磁界印加処理によって固定層の磁化方向を制御できる構成、磁界印加処理を提供する。

【解決手段】 磁気抵抗効果型ヘッドにおいて、固定層は、互いに反強磁性結合された 2 枚の強磁性膜 A 及び強磁性膜 B と、2 枚の強磁性膜 A 及び B を分離する反強磁性結合膜と、から構成され、強磁性膜 A の単独の保磁力を 2 0 0 (Oe) 以上とし、強磁性膜 B の単独の保磁力を 2 0 (Oe) 以下とする。

強磁性膜 A と強磁性膜 B の組成は、

$\text{Co}_{100-\text{Y}}\text{Fe}_\text{Y}$ (原子%) で現すと、

強磁性膜 A は $80 \geq \text{Y} \geq 40$ であり、

強磁性膜 B は $20 \geq \text{Y} \geq 0$ であり、強磁性膜 A と接する膜の素材が Ru、Ta、NiFeCr、Cu、NiFeであることを特徴とする磁気抵抗効果型ヘッド。

【選択図】 図1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 3 - 0 8 6 9 1 0
受付番号	5 0 3 0 0 5 0 0 5 0 9
書類名	特許願
担当官	第八担当上席 0 0 9 7
作成日	平成 1 5 年 3 月 2 8 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】	平成15年 3月27日
-------	-------------

次頁無

特願 2 0 0 3 - 0 8 6 9 1 0

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 5 1 0 8]

1. 変更年月日
[変更理由]

1 9 9 0 年 8 月 3 1 日
新規登録

住 所
氏 名

東京都千代田区神田駿河台 4 丁目 6 番地
株式会社日立製作所